



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

OMAKOTITALON LISÄOSAN SUUNNITTELU

Santeri Leskinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

LESKINEN SANTERI
Omakotitalon lisäosan suunnittelu

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Toukokuu 2016

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tarvittavat piirustukset rakentamista ja rakennuslupaa varten. Tehtävänä oli toimia kohteen pää- ja rakennesuunnittelijana ja piirtää valmiit rakenne- ja rakennuslupapiirustukset omakotitalon lisäosaan Ruovedellä. Opinnäytetyössä keskitytään pää- ja rakennesuunnitteluun ja käsitellään suunnittelussa esiin tulleita asioita.

Työn aluksi tutustuttiin rakennuspaikkaan ja kerättiin lähtötiedot suunnittelua varten. Piirustukset piirrettiin AutoCAD-ohjelmalla ja ne tulostettiin rakennusluvan hakemista varten. Opinnäytetyössä käsitellään pää- ja rakennesuunnittelussa huomioituja asioita. Tässä työssä tehtiin rakenteiden mitoitus rakennekuvia ja tuotantoa varten.

Työn tilaajana toimi yksityinen henkilö, jolle tuotettiin rakennusluvan hakemista varten rakennuksen pääpiirustukset. Suunnittelun tuloksena piirrettiin rakennepiirustukset rakentamista varten. Työ aloitettiin tammikuussa 2016 ja rakennuslupaa varten tehdyt piirustukset toimitettiin tilaajalle maaliskuun lopussa 2016. Työn tilaaja haki luvan rakentamisen aloittamiseksi. Työhön sisältyi tyypillisen rakennusprojektin vaiheet ja opetti suunnittelijaa tulevien tehtävien haasteisiin.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Option of Building Construction

LESKINEN SANTERI

Construction and structural design of detached house extension

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 22 pages
May 2016

The purpose of the thesis was to produce the necessary construction drawings in order to execute the actual construction and to acquire the building permit. The role was to act as the main construction planner of the site and produce both structure drawings and the drawings for the building permit. The site was located in Ruovesi and the objective of the project was to build an additional part for an existing house. The main focus of the thesis is on construction planning and on identifying factors to take into consideration in the planning process.

The project started with analyzing the actual site and gathering basic information for planning. The drawings were drawn by using AutoCAD and they were printed, in order to apply for the building permit. Factors that affect the planning process are considered and analyzed in the thesis. In addition, the measurement of the structures is conducted, in order to produce the final structure drawings and to execute the actual construction.

The owner was a private individual. The main drawings were drawn in order for this person to acquire the construction permit. The project started in January 2016 and the drawings were delivered to the owner at the end of March 2016. The owner received the permit to start the construction. The goal of this thesis is to help with the challenges faced, while planning and drawing new structures.

Key words: structural design, construction design, building permit

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	7
2.1	Kohde.....	7
2.2	Osapuolet	8
2.2.1	Tilaaja.....	8
2.2.2	Rakennusvalvonta	8
2.2.3	Suunnittelija	8
2.3	Tuotettavat piirustukset.....	9
3	RAKENNUSSUUNNITTELU.....	10
3.1	Luonnossuunnittelu / tarveselvitys	10
3.2	Rakennuspaikka	11
3.3	Esteettömyys	12
3.4	Luonnokset.....	13
3.4.1	Vaihtoehtoinen suunnitelma.....	14
4	RAKENNESUUNNITTELU	16
4.1	Kuormitukset	16
4.1.1	Lumikuorma.....	16
4.1.2	Tuulikuorma.....	17
4.2	Vanhan rakennuksen huomiointi	19
4.3	Kantava runko.....	21
4.3.1	Puurunko	21
4.3.2	Teräsrunko.....	22
4.4	Yläpohja.....	23
4.5	Alapohja.....	25
4.5.1	Maanvarainen alapohja	25
4.5.2	Rossipohja.....	26
4.6	Perustukset	27
4.7	Lämmöneristys ja lämpötalous	28
4.8	Jäykistys.....	32
4.9	Kustannukset.....	35
5	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	39
	Liite 1. Asemapiirros	39
	Liite 2. Pohjapiirros	40
	Liite 3. Leikkauspiirrokset	41

Liite 4. Julkisivupiirros.....	42
Liite 5. Detaljipiirros	43
Liite 6. Sokkelipiirros	44
Liite 7. Vesikkattoalaani	45
Liite 8. Puupalkki laskenta	46
Liite 9. Puupilari laskenta.....	50
Liite 10. Teräspalkki laskenta	53
Liite 11. Teräspilari laskenta	55
Liite 12. Kattovasa laskenta	59

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa rakennuslupapiirustukset vanhan hirsirunkoisen maatalon laajentamista ja terassien rakentamista varten. Kohde sijaitsee noin 5 kilometriä Ruoveden keskustan ulkopuolella asemakaavattomalla alueella. Tehtäväni oli toimia arkkitehti- ja pääsuunnittelijana kohteessa. Tilaajana oli kiinteistön haltija, joka hoiti muut rakennuslupahakemukseen tarvittavat dokumentit itse.

Työn lähtökohtana olivat tilaajan ostamat lämpölasit ja ovet, jotka oli tarkoitus käyttää laajennukseen ja joiden mitat määrittivät kantavan rungon päämitat. Tarkoituksena oli tuottaa valoisa maisemahuone, josta avautuu näkymä etelän suuntaan. Ikkunoiden suuri pinta-ala suhteessa seinän alaan antoi haasteen runkorakenteelle. Laajennuksen kummallakin sivulle on tarkoitus rakentaa lisäksi isot terassit.

Työn tilaajalla oli omien tarpeiden mukaiset suunnitelmat valmiina, joiden pohjalta lähdin tekemään Archicad-ohjelmalla 3d-mallia luonnossuunnitelmaksi. 3d-mallilla oli helppo havainnollistaa laajennuksen ja terassin ulkonäköä ja tehdä mahdollisia muutoksia ennen lupakuvien piirtämistä. Lupakuvat ja rakennepiirustukset piirsinkin AutoCAD-ohjelmalla luonnossuunnittelun jälkeen.

Rakennesuunnittelussa pääpaino oli kantavien rakenteiden suunnittelussa ja lämpö- ja kosteusteknisten asioiden pohtimisessa. Laajennukseen tulevien ikkunoiden suuri koko ja olemassa olevan talon katolta putoava lumi pyrittiin huomioimaan laajennuksen suunnittelussa, mikä kasvatti tarvittavan poikkileikkauksen kokoa. Kantavan puurungon ja kattopalkkien rakennelaskelmat tein MetsäWood:n FinnWood 2.3 SR1-ohjelmalla.

Tilaajalla oli selvät suunnitelmat ja toiveet rakenteista. Tein päärakenteista myös vaihtoehtoiset suunnitelmat tilaajalle. Vaihtoehtoisina rakenteina suunnittelin alapohjarakenteen toteuttamisen rossipohjana ja kantavan rungon toteuttamisen teräsrakenteisena. Teräsrakenteisen rungon rakenteen kestävyyslaskennan tein FEM-Design -ohjelmalla.

Työtä valitessani, tarkoituksena oli löytää todellinen, jonka voi viedä alusta loppuun saakka ja josta voi saada arvokasta kokemusta tulevaisuuden työtehtäviä ajatellen.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Kohde

Kiinteistö sijaitsee Ruovedellä, Myllykylässä asemakaava-alueen ulkopuolella. Tilan alueella on useita rakennuksia asuinrakennuksen lisäksi. Tila on aikaisemmin toiminut maanviljelystilana, mutta nykyisin muut rakennukset toimivat varastoina.

Asuinrakennus on vuonna 1852 rakennettu, useaan otteeseen laajennettu hirsirunkoinen rakennus. Asuinhuoneita on kahdessa kerroksessa. Hirsirunko on näkyvissä talon sisäpuolella. Ulkopuolelta hirsirunko on verhoiltu remonttien yhteydessä piiloon lomalaudoituksella. Rakennus on väriltään keltainen ja katon pintarakenteena on konesaumattu peltikatto. Laajennuksen suunnittelussa pyrittiin käyttämään samoja pintamateriaaleja, kuin nykyisessä rakennuksessa on. Asuinrakennuksesta käytetään tästä eteenpäin nimeä päärakennus.

Rakennuksen pääasiallinen lämmitysmuoto on hake. Vaihtoehtoisina lämmitysmuotoina toimivat öljy ja sähkö. Rakennuksen katolla on aurinkokeräin, jolla käyttövesi lämpenee kesäaikana.

2.2 Osapuolet

Kohteessa työn tilaaja halusi rakentaa taloonsa laajennuksen, jonka suunnitteluun ja lupakuvien piirtämiseen tarvitsi pätevän henkilön. Rakennuslupakuvat piirsin tilaajalle toiveiden mukaan. Pidin tiiviisti yhteyttä työn tilaajaan kuvia piirtäessäni, sekä suunnittelun alkuvaiheessa olin yhteydessä Ruoveden rakennusvalvontaan. Rakennusluvan työn tilaaja haki itse rakennusvalvonnasta.

2.2.1 Tilaaja

Työn tilaaja on omistanut kiinteistön 6,5 vuotta. Tilaaja oli ostanut halvalla käyttökelpoisia uusia ikkunoita ja ovia. Tilaajan oli tarkoitus käyttää kaikki varastoon hankitut lasit ja ovet laajennukseen. Rakennusluvan tilaaja hankkii omatoimisesti, mutta rakennusluvassa tarvittaviin piirustuksiin hän tarvitsi riittävän pätevän henkilön tuottamaan ne. Suunnittelun mahdolliseen teettämiseen oppilastyönä hän sai tiedon koulun entisen oppilaan kautta. Tilaaja aikoo tehdä mahdollisimman suuren osan rakennustöistä itse.

2.2.2 Rakennusvalvonta

Laki määrää, että kunta valvoo rakentamista alueellaan. Ruoveden rakennusvalvonta sijaitsee Ruoveden keskustassa, osoitteessa Urhontie 6. Laajennusluvan myöntämiseksi rakennusvalvonta vaatii tavanomaisten asiakirjojen täyttämisen rakennusluvan saantiin. Rakennusvalvonta tekee arvion suunnittelijan pätevyydestä toimia pääsuunnittelijana kohteen vaativuuden perusteella. Olin työn alussa yhteydessä rakennusvalvontaan ja harkinnan jälkeen valmistuvana insinöörinä sain suunnitella ja piirtää laajennuksen lupakuvat. Rakennuslupahakemuksen yhteydessä tulee toimittaa opintorekisteriote, mistä selviävät suoritettut kurssit.

2.2.3 Suunnittelija

Toimin laajennuksen arkkitehti- ja rakennesuunnittelijana ja piirsin laajennukseen tarvittavat piirustukset. Rakennuslupahakemuksessa toimin laajennuksen pääsuunnittelijana.

Kaikki suunnittelussa käyttämäni työkalut on käyty läpi koulussa useasti ja rakennuspiirustuksia on piirretty monella kurssilla. Kokemuksen tuoma varmuus kuitenkin puuttuu suunnittelusta ja koska kyseessä oli oikea kohde, tuli moneen itsestään selväänkin asiaan perehdyttyä. Koulu on antanut kuitenkin riittävän pohjan toimia suunnittelijana kyseisessä kohteessa. Ohjaavalta opettajalta saamien neuvojen ja eri tietolähteistä saatujen tietojen kanssa selvisin suunnitteluprojektista läpi hyvin.

2.3 Tuotettavat piirustukset

Rakennusluvan myöntämiseksi Ruoveden rakennusvalvonta edellyttää neljää pääpiirrosta. Pääpiirustuksiin kuuluvat asemapiirros, pohjapiirros, leikkauspiirros ja julkisivupiirros. Pääpiirustukset tuli tuottaa kahtena sarjana oikeassa mittakaavassa. Tarvittavien piirustusten lisäksi piirsin detalji piirustukset, raudoituspiirustuksen ja vesikattopiirustuksen. Rakennuslupahakemuksen käsittelyn edetessä tulisijan tähden palotarkastaja mahdollisesti vaatii hormipiirustuksen. Piirustusten piirtämiseen ja mitoittamiseen käytin apuna RT-kortiston kortteja rakennuspiirustuksiin liittyen. Tuotetut piirustukset on esitetty liitteissä 1-7.

TAULUKKO 1 Tuotetut piirustukset ja niiden mittakaavat

Piirustus	Mittakaava
Asemapiirros	1:500
Pohjapiirros	1:50
Leikkauspiirros	1:50
Julkisivupiirros	1:50
Detaljipiirroksat	1:10
Vesikattopiirustus	1:50
Perustuspiirustus	1:10
Mahdollinen hormipiirustus	1:10

3 RAKENNUSSUUNNITTELU

3.1 Luonnossuunnittelu / tarveselvitys

Tarveselvityksessä tilaajan tarpeiden ja nykytilanteen kartoittaminen antaa hyvät lähtökohdat luonnossuunnitteluun. Suunnittelijan vastuulla on tilaajan tarpeiden kokoaminen järkeväksi kokonaisuudeksi, jossa tilaajan tarpeet ja mahdolliset rajoitukset kohtaavat.

Luonnossuunnitteluvaiheessa ajoin Ruovedelle tapaamaan tilaajaa ja katsomaan rakennuspaikkaa. Kävimme läpi luonnossuunnittelun ja rakennesuunnittelun kannalta tärkeimmät asiat ja tutustuin huolellisesti tulevaan rakennuspaikkaan. Suunnitelmien selviämisen jälkeen kävin keskustelemassa rakennusvalvonnassa, heille tärkeistä asioista.

Tässä tapauksessa tilaajalla oli ostettuna varastoon valmiiksi ikkunoita ja ovia, joiden ympärille tuli suunnitella laajennus (TAULUKKO 2). Ikkunat olivat kolmikerroslämpölaseja, joiden korkeus on 2390mm. Suomen rakennusmääräyskokoelman osan F2 mukaan alle 700mm lattiapinnasta tulevien lasirakenteissa lasin paksuus tulee olla 6mm asuntojen ikkunoissa. Molemmiin puolin laajennusta tulevat terassit, joihin tulee kulureitit myös toista kautta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma F2.)

TAULUKKO 2. Tilaajan hankkimien ikkunoiden ja ovien koot

Tyyppi	Määrä (kpl)	Koko (leveys x korkeus)
Ikkuna	2	2390mm x 2390mm
Ikkuna	1	2190mm x 2390mm
Ikkuna	2	1990mm x 2390mm
Ikkuna	1	1390mm x 2390mm
Ovi	3	1000mm x 2200mm

Toinen kohdekäynnillä huomattu ja keskeiseksi todettu asia oli päärakennuksen toisen kerroksen ikkunat laajennuksen puoleisella seinällä. Kaksi kolmesta ikkunasta ei ollut käytössä ollenkaan, mutta yksi ikkunoista oli käytössä ja haluttiin myös sellaisena säilyttää. Ikkunan säilyttäminen aiheutti laajennuksen korkeudelle rajoituksen.

Tilaaaja oli tehnyt pohjakuvan valmiiksi omien suunnitelmiensa mukaan. Tilaaajan tekemä pohjakuva oli selkeä ja helppo lähtökohta aloittaa luonnossuunnittelu. Piirsin pohjakuvan ja muiden paikan päällä selvinneiden asioiden pohjalta 3d-mallin Archicad-ohjelmalla. Lähetin mallista kuvia tilaajalle, joka haluumistaan muutoksista. Ennen rakennesuunnittelun aloitusta tuli olla selkeä malli laajennuksesta rakennesuunnittelun helpottamiseksi.

Päärakennuksen julkisivuun, etelän suuntaan haluttiin, yksi päärakennuksen ikkunoista muuttaa oveksi. Huoneen, josta ikkuna muutettiin oveksi, toinen ikkuna jää laajennuksen sisään, eikä näin toimi valoaukkona huoneelle. Suomen rakennusmääräyskokoelman osan G1 mukaan asuinhuoneen valoaukkojen koon on oltava vähintään 10 % huoneen alasta. Uuden oven valoaukon koon on oltava vähintään poistuvan ikkunan valoaukon kokoinen, jotta määräys täyttyy. (Suomen rakentamismääräyskokoelma G1)

3.2 Rakennuspaikka

Rakennuspaikan silmämääräinen ja koneellinen mittaaminen on tärkeä osa suunnittelua. Rakennuksen mittojen määrittäminen ja rakennusta ympäröivän pinnanmuotojen mittaaminen ja havainnointi ovat tärkeitä lähtötietoja. Laajennus luokitellaan korjausrakentamiseksi, joten korkojen määrittämisksi riitti niiden mittaaminen ja sitominen nykyisen rakennuksen lattiapinnan korkoon.

Työn vastaanotettuani, soitin tilaajalle ja sovin tapaamisen hänen kanssaan. Ennen ensimmäistä rakennuspaikalla käyntiä tiesin, nykyisen rakennuksen olevan rakennetun kallion päälle ja laajennuksen perustusten tulevan myös kallioon kiinni. Rakennuspaikalla ei ollut tehty vielä mitään rakentamiseen liittyviä valmisteluja, joten nykyisen maanpinnan korkeuden mittaaminen onnistui helposti.

Tapaamista varten lainasin koulun laboratoriosta optisen vaaituskojeen nykyisen maanpinnan määrittämiseksi. Otin lisäksi lainaksi kalustoa, jolla saisin määriteltä kallion pinnan korkoja laajennuksen eri kohdissa. Pitkään jatkunut kylmä jakso oli jäädyttänyt maan pintakerroksen niin kovaksi, etten saanut mitattua muuta kuin kallion ohjeelliset korot. Kallion todellinen korkeusasema selviää rakentamisen alettua.

Mitattujen korkojen perusteella tein alueesta pintavaaituskartan, jonka perusteella lähdettiin suunnittelemaan tulevan laajennuksen lattiapinnan korkoja. Toisen kerroksen ikkunoiden korkeus mitattiin maanpinnasta ja sidottiin pintavaaituksen korkeusasemiin.

3.3 Esteettömyys

Rakennusten esteettömyydestä on säädetty maankäyttö- ja rakennuslaissa. Rakennuksen tulee olla käyttötarkoitustaan vastaava ja soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 117 §.)

Rakennuksen eri käyttäjät tulee huomioida jo suunnittelun alkuvaiheessa, jotta eri käyttäjien tarpeet saadaan huomioitua. Esteettömän rakennuksen suunnittelua on maankäyttö- ja rakennuslain perusteella tarkennettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa F1.(Suomen rakentamismääräyskokoelma F1)

Tämän työn kohdalla perehtyminen esteettömyyttä koskeviin lakeihin ja määräyksiin oli tarpeen, koska laajennuksen suunnittelussa tuli huomioida liikuntarajoitteisuuden tarpeet. Tässä työssä suunnitellun laajennuksen lattiapinnan korko oli 320mm alempana kuin nykyisen rakennuksen lattiapinta. Laajennukseen haluttiin kulkuyhteys pyörätuolille.

Kulku laajennukseen tapahtuu terassin kautta tilaajan toiveiden mukaisesti. Uudet terassit ovat eri tasoissa päärakennuksen päädyssä ja laajennuksen kohdalla. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan F1 mukaisesti tulee terassiin rakentaa luiska, jonka kaltevuus on enintään 1:12,5. Lopullinen toteutus tapahtuu terassia rakennettaessa kokemusperäisesti, eikä tarkempia suunnitelmia ole tehty.

Tilaaja oli huomionu esteettömyysvaatimuksen jo ovia ostaessaan ja ottanut ovet 1000mm leveinä, jolloin oven karmileveys ei aiheuta estettä. Terassinoven kynnyksen korkeus ylittää ohjearvon 20mm, joten kynnyksen luiskaaminen on tarpeen kulun säilyttämiseksi.

3.4 Luonnokset

Luonnossuunnittelu vaiheessa piirsin tilaajan piirtämien pohjakuvien perusteella todellisuutta vastaavan 3d-mallin Archicad-ohjelmalla. Mallinnetuista kuvista tilaajan on helppo saada selkeä käsitys siitä, miltä kohde tulee näyttämään valmiina. Mahdollisimman todenmukaisen kuvan näyttäminen tilaajalle helpottaa hänen omaa ajatusprosessiaan kohteesta. Kun tilaaja näkee lopputuloksen, on hänen helppo kertoa haluamistaan muutoksista.

Tilaajalla oli selkeä näkemys omista tarpeistaan etukäteen mikä helpotti mallin piirtämistä. Mahdollisista kysymyspaikoista keskusteltiin jo kun olin nähnyt tilaajan piirtämän pohjakuvan. Mallia ei tarvinnut muuttaa radikaalisti ensimmäisen luonnoksen jälkeen ja pienien muutoksien jälkeen malli oli valmis.

Laajennuksen korkeudelle oli tarkat vaatimukset, jotta olemassa oleva ikkuna saadaan säilytettyä. Laajennuksen lattiapinnan korkeutena haluttiin pitää vihintään 500mm maanpinnan ylintä kohtaa ylempänä. Laajennuksen lattiapintaa voitiin tiputtaa 0,32m päärakennuksen lattiatasoa alemmas. Samalla sisäkatosta tehtiin vino, jotta huonekorkeus pysyisi riittävänä ja se tuo avaruutta tilaan.



KUVA 2. Mallinnettu laajennus

Tilaajan toiveen mukaan kattorakenteen tulee olla yksilappeinen, kuten kuvasta 2 nähdään. Katon kaltevuuskulmaksi tulee noin 1:10 jotta laajennus mahtuu päärakennuksen yläkerran ikkunoiden alapuolelle. Kummankin puolen terasseille tulee kulkuyhteys laajennusosasta. Etelän puolen terassille tulee uusi kulkuyhteys päärakennuksesta. Julkisivuun etelänsuuntaan tulee terassin päälle katettu rakenne.

Katon toinen pää kannatetaan hirsirungosta, mikä aiheuttaa lisäkuormaa hirsirungolle ja kattorakenteen kiinnittäminen tulee tarkastella riittävän hyvin. Tässä ratkaisussa lumi ja vesi poistuvat katolta laajennuksen pitkän sivun suuntaisesti, eikä niiden poistumiseen tarvitse kiinnittää erityistä huomiota. Hyvänä puolena tässä ratkaisussa on kattorakenteen yksinkertaisuus ja valmiiksi vino sisäkatto.

3.4.1 Vaihtoehtoinen suunnitelma

Tilaajalla oli selkeä näkemys omista tarpeista ja luonnossuunnittelu oli selkeää. Tein vaihtoehtoisen suunnitelman, jossa katon lappeen suunta muuttuu alkuperäiseen rakennukseen nähden. Katon rakenteeksi tulee ristikoin toteutettu harjakatto. Visuaalisen hahmottamisen selkeyttämiseksi tehtiin vaihtoehtoisesta rakenteesta myös malli. (KUVA 3.)



KUVA 3. Vaihtoehtoinen julkisivu ratkaisu

Tämän vaihtoehdon hyvänä puolena on lumikuorman jakautuminen pelkästään laajennuksen runkoon verrattuna toiseen ratkaisuun, missä kuormia viedään olemassa olevan hirsirungon kautta maahan. Toinen hyvä puoli tässä runkorakenteessa on päärakennuksen katolta putoavan lumesta aiheutuvan kuorman parempi hallinta. Veden kulkeutuminen hoituisi hyvin kummankin lappeen kautta, joista vesi johdettaisiin pitkän sivun ränneihin.

Vaihtoehtoisessa rakenteessa on kuitenkin rakenteellisesti enemmän huonoja puolia, kuin ensimmäisessä ratkaisussa. Tässä sisäkaton joutuisi rakentamaan suoraksi. Toinen huono puoli olisi päärakennuksen kattorakenteiden avaamisen ja muuttamisen. Ikkunan säilyttämiseksi kattokulman tulisi olla todella loiva, eikä se visuaalisesti enää näyttäisi niin hyvältä, että ikkunan säilyttäminen kannattaisi. Katolta putoava lumi ohjautuu väkisin kummallekin terassille mikä on huono puoli.

Työn tilaajalla oli selkeä visuaalinen näkemys tulevasta laajennuksesta eikä toista vaihtoehtoa ollut tarpeen kehittää havainnekuvaa pidemmälle.

4 RAKENNESUUNNITTELU

4.1 Kuormitukset

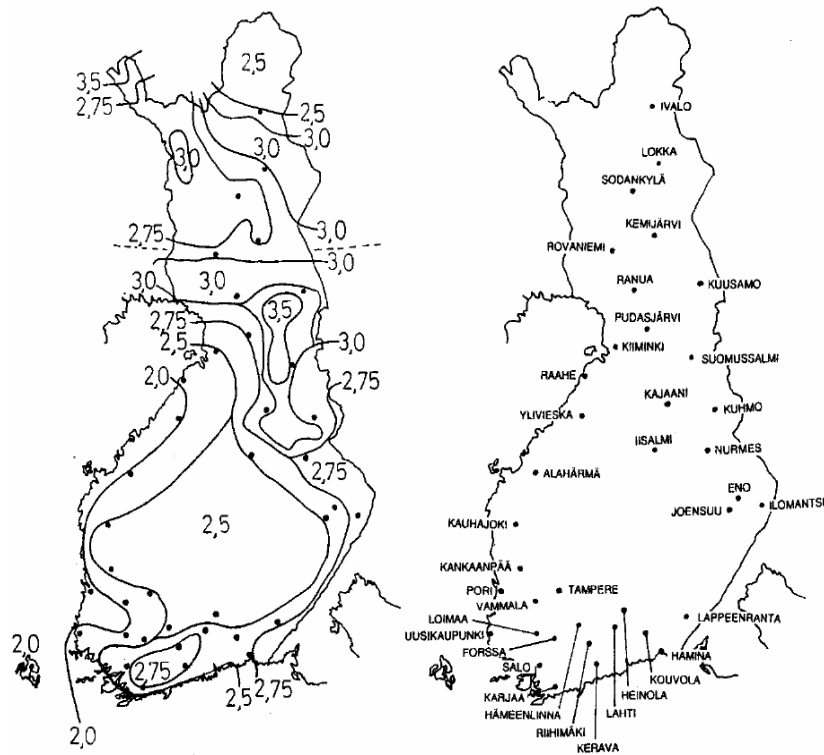
Laajennukseen vaikuttavat kuormat ovat rakenteiden oma paino, lumikuorma, tuulikuorma ja päärakennuksen katolta putoava lumi. Kuormitukset lasketaan Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat mukaan.

Päärakennuksen kattoon ei lähdetty suunnittelemaan lumiesteiden asentamista lumen putoamisen estämiseksi. Lumiesteiden asentaminen saa aikaan lumen kertymisen päärakennuksen katolle ja aiheuttaa tänne lisärasitusta. Todettiin helpommaksi ratkaisuksi yliarvioida rasitukset laajennuksen kattorakenteiden suunnittelussa, kuin alkaa vahvistaa nykyistä kattoa.

Vaihtoehtoisena ratkaisuna olisi asentaa päärakennuksen katolle lumiesteet, minkä seurauksena katon rakenteiden kestävyys tulisi varmistaa. Laajennuksen katon kuormien laskenta etenisi ilman lisäkuorman arviointia.

4.1.1 Lumikuorma

Laajennuksen katon kaltevuus on 1:10. Koska kaltevuus on hyvin loiva, ylemmältä katolta putoavan lumen takia, laskettiin lumikuorma kaksinkertaiseksi. Kokemuseräisesti lunta ei koskaan ole katolla kaksinkertaista määrää, mutta ylemmältä katolta putoavan lumen vaikutuksesta hetkellinen rasitus rakenteille saattaa kasvaa suureksi.



KUVA 4. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot s_k (Lähde: Puuinfo Oy 2011, 11)

Lumikuorman määrä katolla lasketaan kaavalla (1) (SFS-EN 1991-1-3,26).

$$s_k = \mu_i * s_k \quad (1)$$

missä:

μ_i = lumikuorman muotokerroin

s_k = maanpinnan lumikuorman ominaisarvo

Katon muotokertoimenä käytettiin 1,0 arvoa 0,8 sijaan sillä katon kulma on niin loiva, ettei lumi poistu katolta ilman apua. Lumikuorma maassa Ruovedellä on 2,5kN/m² (KUVA 4.). Lumikuorman ominaisarvo laskettiin kaksinkertaisena ja laskennassa käytetty lumikuorman arvoksi saatiin $s_k = 5 \text{ kN/m}^2$.

4.1.2 Tuulikuorma

Tuulikuorma pyrkii kaatamaan laajennusta. Tuulikuorma tuli huomioida laajennuksen stabiiliteetin mitoituksessa. Tuulikuorma koittaa vetää laajennusta irti päärakennuksesta, jolloin katon ankkurointi päärakennuksen hirsirunkoon tulee olla täysin jäykkä.

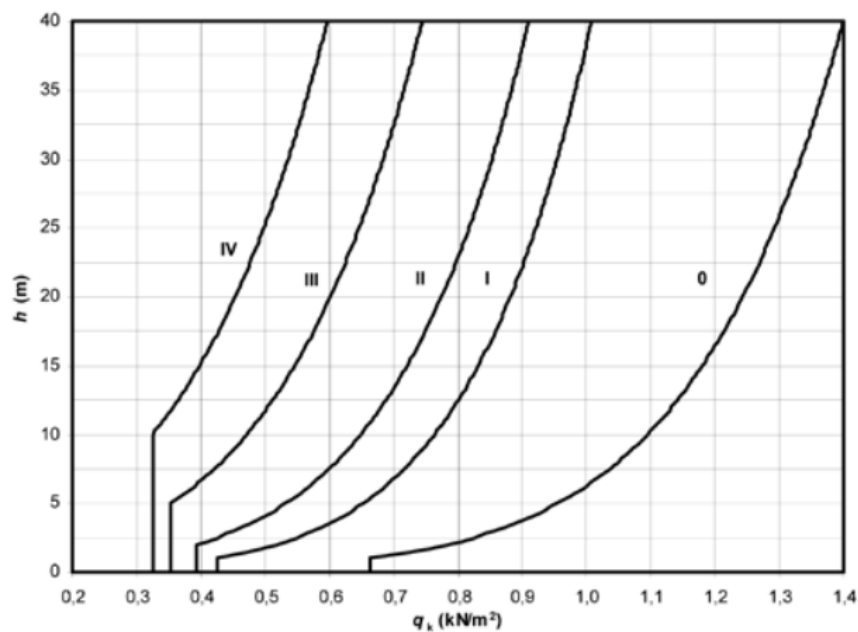
Rakenteiden kestävyyslaskennassa käytetään tuulen osapinnan kaavaa (2).

$$q_{wk} = c_{p,net} * q_k(h) \quad (2)$$

missä:

$c_{p,net}$ = osapinnan nettotuulenpainekerroin

$q_k(h)$ = rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine



KUVA 5. Nopeuspaineen ominaisarvot $q_k(h)$ eri maastoluokissa. (Lähde: Puuinfo Oy 2011, 13)

Rakennus sijaitsee Ruovedellä pellon reunassa, jolloin maastoluokka on 2. Laajennuksen korkeus on noin 4m maanpinnasta jolloin kuvan 5 mukaan kuvaajasta $q_k(h) = 0,49\text{kN/m}^2$. Nettotuulenpainekerroin valitaan yksinkertaisuuden vuoksi pahimman tapauksen mukaan nurkan alueella, jolloin $c_{p,net} = -1,5$. Seinään kohdistuvan paikallisen tuulenpaineen arvoksi, mitä laskuissa käytetään, saadaan.

$$q_{wk} = c_{p,net} * q_k(h)$$

$$q_{wk} = -1,5 * 0,49$$

$$q_{wk} = -0,735\text{kN/m}^2$$

Rakennuksen stabiliteettia ja jäykistystä tarkastellessa, lasketaan tuulikuorma käyttäen kokonaistuulikuorma menetelmällä. Vaakasuuntainen kokonaistuulikuorman arvo saadaan kaavasta (3).

$$F_{w,k} = c_f * q_k(h) * A_{ref} \quad (3)$$

missä:

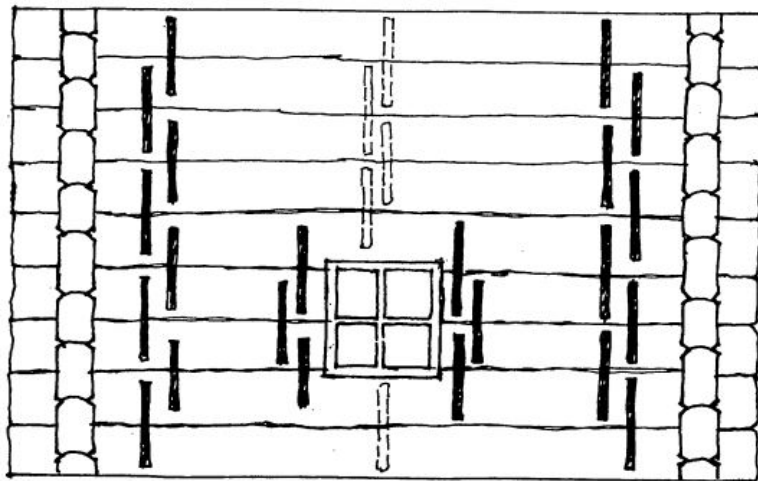
c_f = rakenteen voimakerroin

$q_k(h)$ = rakennuksen korkeutta h vastaava nopeuspaine

A_{ref} = tuulta vastaan kohtisuora pinta-ala

4.2 Vanhan rakennuksen huomiointi

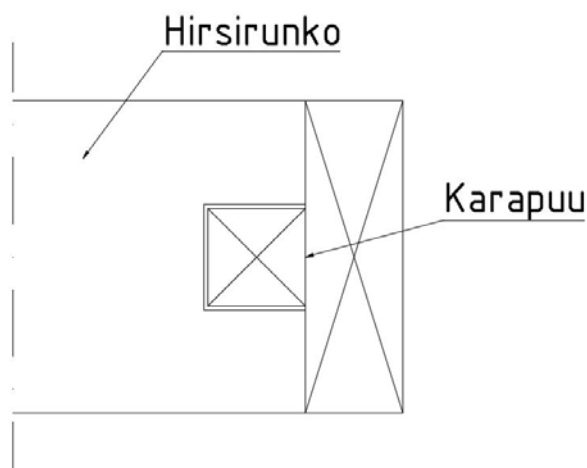
Päärakennuksen rakenteiden kestävyys ja toiminta tuli huomioida rakenteiden kestävyyttä laskettaessa. Laajennuksen katon lappeen toinen pää tullaan kiinnittämään päärakennuksen hirsirunkoon. Hirsirungon toimintaperiaate on toimiva ajatellen sitä, että puolet laajennusosan katon kuormista viedään hirsirunkoa myöten maahan. Runko on ollut liikkumaton rakenne, mikä antaa uskoa rakenteen toimivuudesta lisäkuormien jälkeenkin. Hirsiseinän vaarnatapitus ja rakenne on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Hirsiseinän rakenne (Vuolle-Apiala 2010)

Laajennuksen kattorakenteiden kiinnittämisessä vanhan talon hirsirunkoon tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota, sillä vanha hirsi on halkeillut ja on siten hauraampi kuin

uusi hirsi. Vanhan rakennuksen runko oli onneksi tehty hirrestä ylös asti, joten kiinnittäminen onnistuu helposti. Kiinnittämiseen käytettävien ruuvien tulee upota vähintään 70% hirren paksuuden verran hirteen, jotta riittävä ankkurointi tapahtuu. Ruuvit ruuvataan yläviistoon, jotta puristusvoima suuntautuu aina seinää kohten.



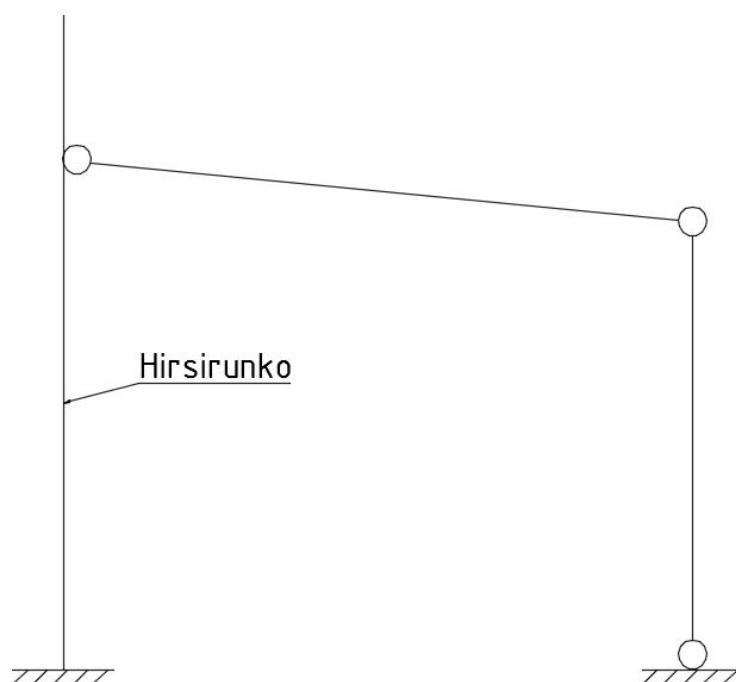
KUVA 7. Karapuun periaateleikkauskuva

Olemassa olevasta rakennuksesta poistuu ikkuna kohdasta, josta rakennetaan kulku laajennukseen. Aukon korkeuden kasvaessa tulee huomioida hirsirakenteen aukoissa olevat karapuut painuman takia (kuva 7). Hirret on liitetty yhteen vaarnatapeilla (kuva 6). Karapuu tukee rakennetta ja estää seinän nurjahtamisen aukon kohdalla varsinkin, kun aukko on tyhjä.

Laajennusta rakennettaessa tulee huomioida, ettei rossipohjaisessa rakenteessa tukita alapohjan tuuletusaukkoja ja lisätä päärakennuksen alapohjan kosteusrasitusta. Päärakennus on kuitenkin rakennettu tuulettumattomana rossipohjarakenteena ja on toiminut tähän saakka oikein, joten alapohjan tuuletuksen huononemista ei tarvinnut huomioida. Tuulettumattomassa alapohjarakenteessa on lattian alle rakennettu noin betoninen kaukalo, joka on pietty kokonaan sokkelista lähtien.

4.3 Kantava runko

Katto laajennusosan katto on yksilappeinen. Katon orsivasojen toinen pää on kannateltu vanhan rakennuksen hirsirungosta ja toinen pää kannatellaan liimapuisella pilari- ja palkkirungolla. Laajennuksen pisin sivu jossa leveimmät aukot ovat, toimii kantavana runkona katon kuormille. Yläpohja toimii levymäisenä rakenteena ja kohdentaa rasitukset suoraan hirsirunkoon. Laajennuksen kantavan rungon toimintaperiaate on esitetty (kuva 8).



KUVA 8. Laajennuksen kantavan rungon toimintaperiaate

Kantavan rungon suurin rasitus on lumikuorma. Yläpohjan omapaino on toinen kuorma, mutta huomattavasti pienempi kuin lumikuorma. Lumikuorman arvioiminen kaksinkertaiseksi kasvatti kantavan rungon poikkileikkauksen mittoja huomattavasti

4.3.1 Puurunko

Kantavan puurungon suunnitteluun käytin FinnWood 2.3 SR1-ohjelmää. Palkki, joka ottaa kuormat yläpohjalta mitoitettiin aluksi kahtena 2-aukkoisena palkkina, mutta tilaajan suunnitelmien mukaan palkki tulee olemaan yhtenäinen ja toimii jatkuvana 4-aukkoisena

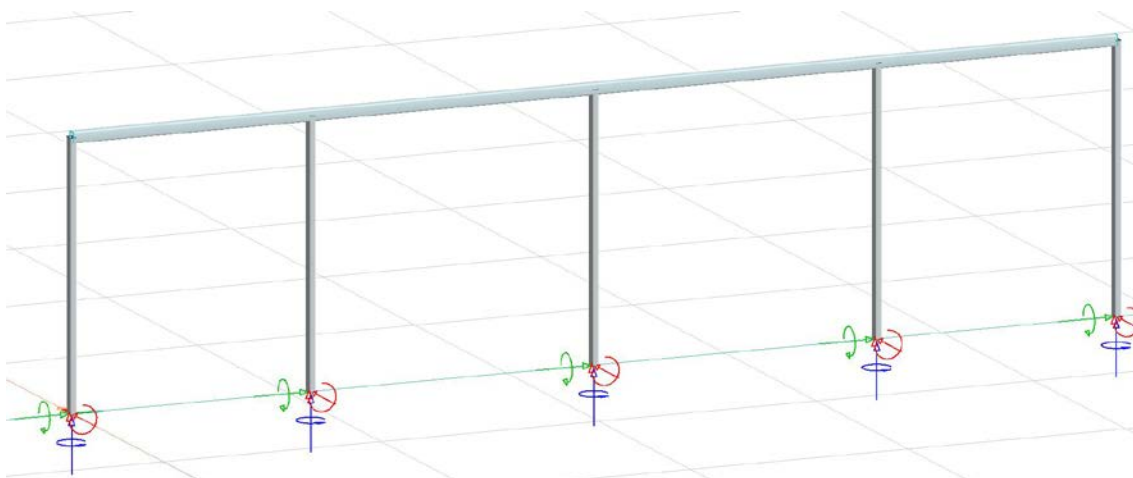
palkkina, mikä tuo varmuutta mitoituksen arvoihin. Ikkunoiden koko määräsi tarkat paikat pilareille ja ikkunoiden väliin jää vain pilareiden tarvitsema tila. Ikkunoiden asennusvarana käytin 20mm per puoli.

Kantavan rungon palkiksi sain GL30c lujuusluokan liimapuusta tehdyn 225mm korkean ja 140mm leveän palkin. Pilareiden mitoituksessa tuli ottaa huomioon nykyisen hirsirungon paksuus, sillä uuden seinän U-arvon tuli olla yhtä suuri kuin vanhan seinän. Vanhan hirsirungon keskipaksuudeksi arvioin 160mm. Kantavan rungon pilarin paksuudeksi tuli 180mm ja leveydeksi 140mm leveyden. Pilareiden leveyden määräsi palkin tukipainekestävyys. Ikkunoiden kiinnittäminenkin on helpompaa, kun pilarin poikkileikkaus on leveämpi. Palkin mitoitus on esitetty liitteessä 8 ja pilarin mitoitus liitteessä 9.

Ikkunoiden karmisyvyys on 170mm, joten seinän paksuuden pyrin pitämään lähellä ikkunoiden karmisyvyyttä. Ikkunat asennetaan rungon sisäpinnan mukaan, jolloin pilarien ollessa paljon karmisyvyyttä isompia, olisi tuloksena leveät smyygilaudat.

4.3.2 Teräsrunko

Vaihtoehtoisena suunnitelmana tilaajalle suunnittelin kantavan rungon teräsrunkoisena. Teräsrungon toimintaperiaatteena käytin samaa periaatetta kuin puurungon laskennassa. Teräsrunko kantaa yläpohjalta tulevat kuormat maahan. Teräsrungon mitoitin samoilla kuormilla ja kuormitusyhdistelmillä kuin puurakenteisenkin.



KUVA 9. Laskenta FEM-mallin runko

Teräsrakenteisen rungon mallinsin ja laskin FEM-Design-ohjelmalla. Laskentaa varten mallinnettu teräsrunko näkyy kuvassa 9. Mitoituksessa käytin rakenteiden teräslaatuuna S355 terästä. Mitoituksessa teräsrungon pilareiksi sain 100x60x6mm pilarit, joiden käyttöaste on maksimissaan 90%. Palkiksi pilareiden päällä sain 100x100x4mm, jonka käyttöaste on 95%. Teräsrungon mitoitus on esitetty liitteissä 10 ja 11.

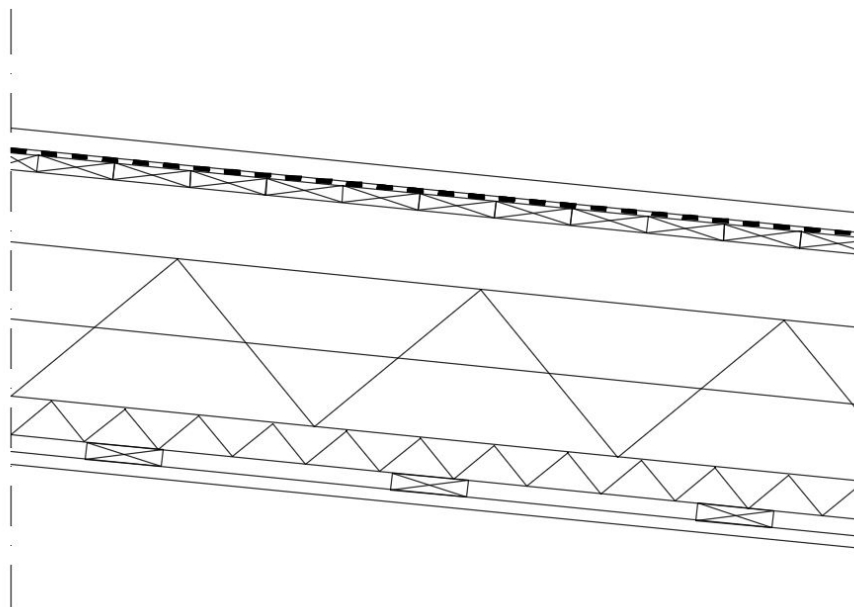
Teräsrungon mitoituksen etuna voidaan pitää huomattavasti pienempää poikkileikkauksen kokoa. Kun ikkunat ovat suoraan kiinni rungossa, taipuminen aiheuttaa ylimääräistä rasitusta ikkunoiden runkoon. Taipumat kummassakin tapauksessa ovat niin pieniä, ettei vaurioita synny. Teräsrunkoon hitsataan ikkunoiden kiinnittämistä varten kiinnityslaipat joihin ikkunat kiinnitetään. Huono puoli puuhun verrattuna on rakenteen lämmöneristävyyden ilman paksumpaa eristekerrosta. Ulkonäköä ilman verhoamista voi pitää huonona puolena myös.

Tilaaaja halusi tehdä rungon puusta, sillä se jäisi sisäpuolella näkyville ja liimapuun hankkiminen oli helpompaa, kuin teräsrungon teettäminen konepajalla. Kaiken kaikkiaan teräsrungon suunnitteleminen käytettäväksi kantavaksi rakenteeksi olisi ollut toimiva ja hyvin mahdollinen tässä, isojen kuormien takia.

4.4 Yläpohja

Yläpohja mitoitettiin puurakenteisena. Yläpohjan rakenteena ovat orsivasa, jotka on kannatettu hirsirungosta ja kantavasta rungosta. Kattotyyppi on konesaumattu peltikatto, jonka pienin suositeltu kattokulma on 1:10. Kattokulmaksi valittiin pienin mahdollinen, koska katon kokonaispaksuus paksuus ei saanut ylittää 250mm, jotta yläkerran ikkuna jäisi näkyviin.

Kun konesaumattun peltikaton kaltevuus alittaa 1:7, jolloin katon alla on käytettävä AKK-luokan kermiä aluskatteena. Bitumikerman alle tulee tehdä yhtenäinen aluslaudoitus, jotta kermi toimii aluskatteena oikein. Yhtenäinen laudoitus katossa on hyvä katon jäykistysten suunnittelun kannalta, sekä mitoituksen kannalta helpompi, jos katto-orsien sivuttaisliike on ja kiertäminen on estetty täysin.



KUVA 10. Yläpohjan rakenne

Yläpohjaa rasittavista kuormista lumikuorma oli mitoituksessa määräävin. Yläpohjan jänneväli oli noin 4 metriä. Mitoitin yläpohjan orsivasat Finnwood 2.3 SR1-ohjelmalla. Yläpohjan rakennekuva on esitetty kuvassa 10. Orsivasoiksi sain 2x198mmx48mm palkiston k400 jaolla. Yläpohjan korkeus 200mm ei ole riittävä tuuletukseen ja lämmöneristykseen, joten orsivasojen alapintaan kiinnitetään vielä 98mmx48mm parru. Mitoitus on esitetty liitteessä 12.

Vasojen väliin suunniteltiin tilaajan toiveesta eristys SPU-eristeellä. Eristeen määrä laskettiin vastaamaan 400mm paksua villaeristettä. Samaan lämmöneristävyys arvoon tarvitaan 240mm SPU-eristettä. Vasojen väliin laitetaan 200mm paksu kerros eristettä ja vasojen alle yhtenäinen 50mm paksu kerros eristettä jossa alumiinipinta, jotta saadaan yhtenäinen höyrynsulkukerros.

Alustavien urakkakeskustelujen myötä on päädytty siihen, että yläpohjan kantavana rakenteena olevat vasaorret rakennetaan kertopuusta. Yläpohjan rakentamisen kertopuusta on noin kolme kertaa kalliimpaa, mutta rakentaminen yhdestä 51x300mm palkista poistaa palkkien naulaamisen yhteen. Etuna on myös parempi kapasiteetti mitoitukseseen, jolloin palkkien välin voi kasvattaa k450 jaoksi.

4.5 Alapohja

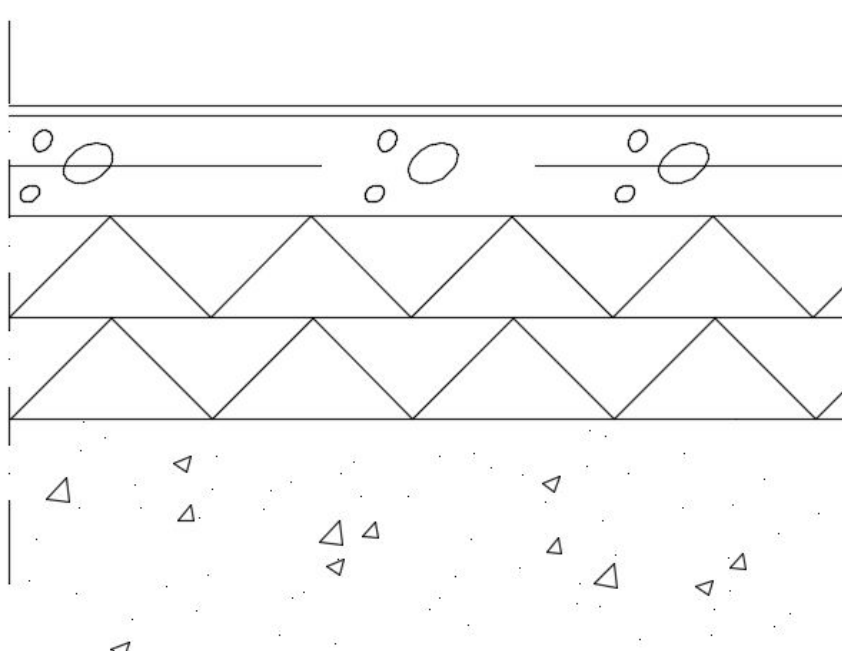
Alapohjan rakenteena päärakennuksessa on rossipohja. Päärakennus on perustettu kallion päälle. Koko laajennuksen alapuolella on yhtenäinen kallio, jonka varaan laajennus perustetaan. Päärakennuksen rossipohjan tuuletuksen aukkoja ei suljeta tämän laajennuksen yhteydessä. Alapohjan oikean rakennusfysikaalisen toiminnan kannalta pintamaa poistetaan kallion päältä kokonaan.

Tilaajan ajatuksena oli käyttää laajennuksen lämmittämiseen vesikiertoista lattialämmitystä. Lattialämmityksen asentaminen asettaa kestävyysvaatimuksia lattian pintamateriaalin valintaan. Lattiamateriaalin lämmönjohtavuus ja kestävyys materiaalin sisäisen kosteuden muuttumiselle ovat tärkeitä lattiamateriaalin valinnan kannalta. Tilaaja oli kuitenkin jo itse päättänyt ratkaisuun, jossa lattian pintamateriaali on laatta.

Tilaajan suunnitelmissa oli asentaa kevyt tulisija rakentamisen yhteydessä laatan päälle. Tulevaisuudessa mahdollisen varaavan tulisijan asentamisen takia alapohjan mitoituksessa tuli huomioida varaavan takan aiheuttama suuri pistekuorma laatalle. Tulisijan asentamisen takia lattian laatan valitseminen pintamateriaaliksi helpottaa lattian palosuojauksia tulisijan kohdalla.

4.5.1 Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohjarakenne on tyypillinen rakenne tapauksissa, joissa lattian tulee kantaa suuria yksittäisiä pistekuormia. Tässä tapauksessa mahdollisen varaavan takan asentamisen takia suunnittelin maanvaraisen alapohjan.



KUVA 11. Maanvarainen lattiarakenne

Pintamaa poistetaan kallioon asti ja kallion pinnan kuopat täytetään betonilla, jotta vesi ei jää niihin seisomaan, vaan poistuu rakennuksen ulkopuolelle. Kapillaarikatkona toimiva tiivistetty soratäyttö tehdään kallionpinnasta eristekerrokseen asti. Eristeenä toimii 200mm XPS-eristettä. Eristekerroksen päälle valetaan 100mm teräsbetonilaatta. Laatan raudoituksena toimii T8 k200 verkko, johon vesikiertoinen lattialämmitys kiinnitetään. Takan kohdalle lisätään toinen verkko alapintaa lisäkuorman huomioimiseksi.

4.5.2 Rossipohja

Vaihtoehtoisena rakenteena suunnittelin alapohjaan rossipohjarakenteen. Suunnittelin rossipohjarakenteen puurakenteisena, kuten päärakennuksessa on. Takka ja vesikiertoinen lattialämmitys ovat haasteellisia tämän tyyppisessä lattiarakenteessa. Kallion pinta kaivetaan esiin kuten maanvaraisessa rakenteessa ja kuopat täytetään. Takan alle puurunkoisessa rossipohjarakenteessa tulee rakentaa betoninen perustus, mitä kautta takan kuormat kulkeutuvat maahan.

Lattian rakentaminen tilaajan toiveiden mukaisesti rossipohjana on varsin haasteellista. Lattiaan haluttua lattialämmitystä ja lattialaattoja varten täytyy puisten kannattajien päälle valaa betonilaatta mikä lisää puisten kannattajien kuormia. Laatan valinta lattian

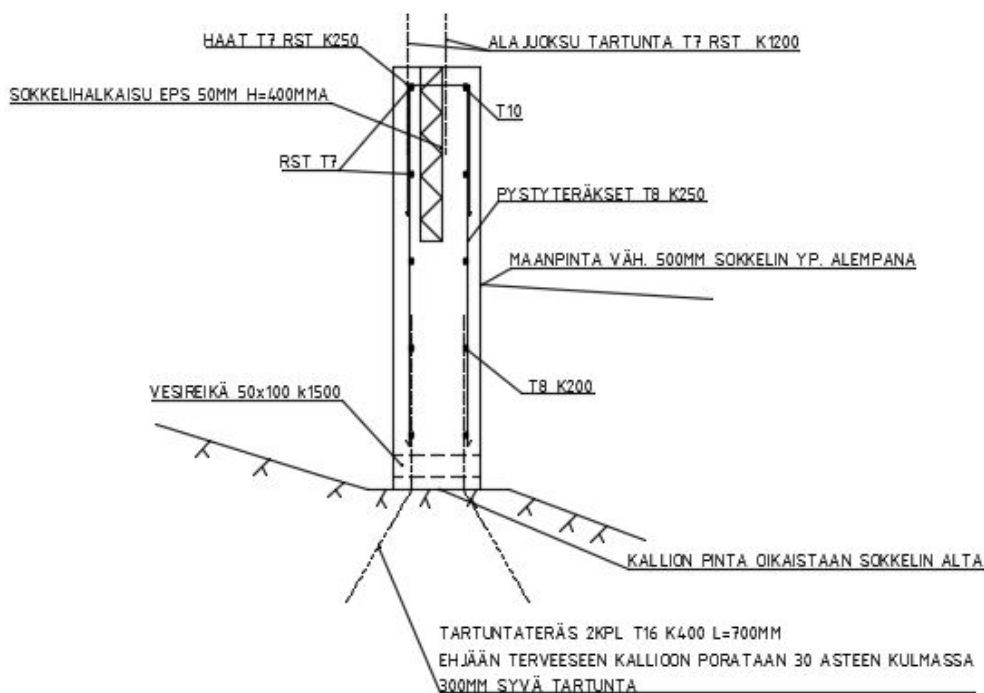
pintamateriaaliksi pitää huomioida betonilaatan valulla puisten kannattajien päälle. Pintamateriaalina puisessa lattiassa toimisi puu paremmin, mutta lattialämmityksen takia oikean materiaalin valintaa tulisi kiinnittää erityistä huomiota, lämpöliikkeiden ja lämmityksestä johtuva kosteusrasituksen takia.

Lattiarakenteen toteuttaminen rossipohjana yhdessä vesikiertoisen lattialämmityksen kanssa ja laatan ollessa pintamateriaalina toimisi betoninen lattiarakenne paremmin. Vaihtoehtoina on toteuttaa lattiarakenne ontelolaattarakenteena tai liittolaattarakenteena. Ontelolaattarakenteena takan kuormat saisi kannateltua laatalle. Ontelolaattojen valinta rakenteeksi olisi järkevin betoninen rakenne, mutta lattian hinta kohoaa korkeaksi. Liittolaatalla takan alle tarvitsee rakentaa oma perustuksensa ja sen heikkoutena on eristeen toimivuus alapinnassa pinnan poimuisuuden takia jäävien ilmarakojen takia.

Suunnittelijan näkökulmasta lattiarakenteen tekeminen maanvastaisena on huomattavasti yksinkertaisempi ja toimivampi ratkaisu tässä tilanteessa. Rossipohjarakenteena toteutuksessa alapohjassa liittolaatta- tai ontelolaattarakenne olisivat kumpikin teknisesti toimivampia kuin puinen rakenne, sekä paremmin lattialämmityksen ja laattalattian kanssa yhteensopivia jo valmiiksi.

4.6 Perustukset

Päärakennus ja laajennus ovat kokonaan kallion päällä, joten perustustavan valinta oli helppoa. Kallioperusteinen sokkeli oli selkeä valinta. Perustusten kestävyyttä ei laskennallisesti tarvinnut todeta, sillä kuormien ollessa pieniä ja perustusten tukeutuessa kallioon ollaan kestävyudessa varmasti varmallalla puolella.



KUVA 12. Sokkeli poikkileikkaus

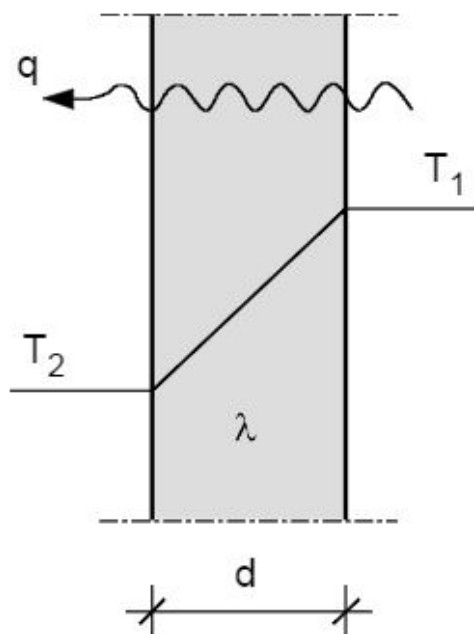
Sokkeli ankkuroidaan ehjään ja terveeseen kallioon vinoon poratuin harjateräksin. Kalliopinnan tarkan korkeusaseman puuttumisen takia arvioitiin sokkelin olevan yli 1 metrin korkuinen monessa paikassa. Kokemuseräisesti päädyttiin 200mm leveään sokkeliin. Sokkelin yläpään tehdään 50mm leveä ja 500mm korkea sokkelihalkaisu kylmäsilan välttämiseksi. Sokkelin betonin lujuusluokkana on C25/30-2.

4.7 Lämmöneristys ja lämpötalous

Laajennuksen lämmöneristyksessä noudatettiin korjausrakentamisen määräyksiä lämmöneristystä laskettaessa. Maankäyttö- ja rakennuslain 117 g §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan energiatehokkaaksi siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. Rakennuksen energiatehokkuutta on parannettava rakennus- tai toimenpidelupaa vaativissa korjaus- tai muutostöissä, jos se on teknisesti tai taloudellisesti toteutettavissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki, 1997)

Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D3 määritetään rakennuksen lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot rakenteiden suunnittelua varten. Samassa on ohjeet ja

määräykset rakennuksen E-luvun laskentaan, joka on pakollinen. Rakennusmääräyskoelman osa D5 tarkentaa laskennassa käytettävät arvot ja laskutoimitukset. Tässä tapauksessa vaadittu rakennuksen E-luvun laskentaa koska sen määrittäminen olisi todella hankalaa moneen kertaan korjattujen ja muutettujen rakenteiden takia.



KUVA 13. Lämmön johtuminen rakennekerroksen läpi (Lähde: RIL 255-2010)

Lämmön siirtymismuodot ovat: johtuminen, konvektio ja säteily. Rakennesuunnittelussa yleisin siirtymismuoto on lämmön johtuminen rakenteen lävitse. Lämpöenergia tarkastelussa tulee tietää rakenteen läpi kulkeva lämpövirta ajan suhteen. Lämpöenergia Q (J, kWh) lasketaan kaavalla (4)

$$Q = \Phi * t \quad (4)$$

missä:

Φ = lämpövirta, W

t = aika, s

Lämpöenergian määrä (W) lasketaan kaavalla (5).

$$\Phi = qA = \lambda \frac{A\theta}{d} \quad (5)$$

missä:

A = pinta-ala

d = ainekerroksen paksuus

$\Theta = T_1 - T_2$ lämpötilaero

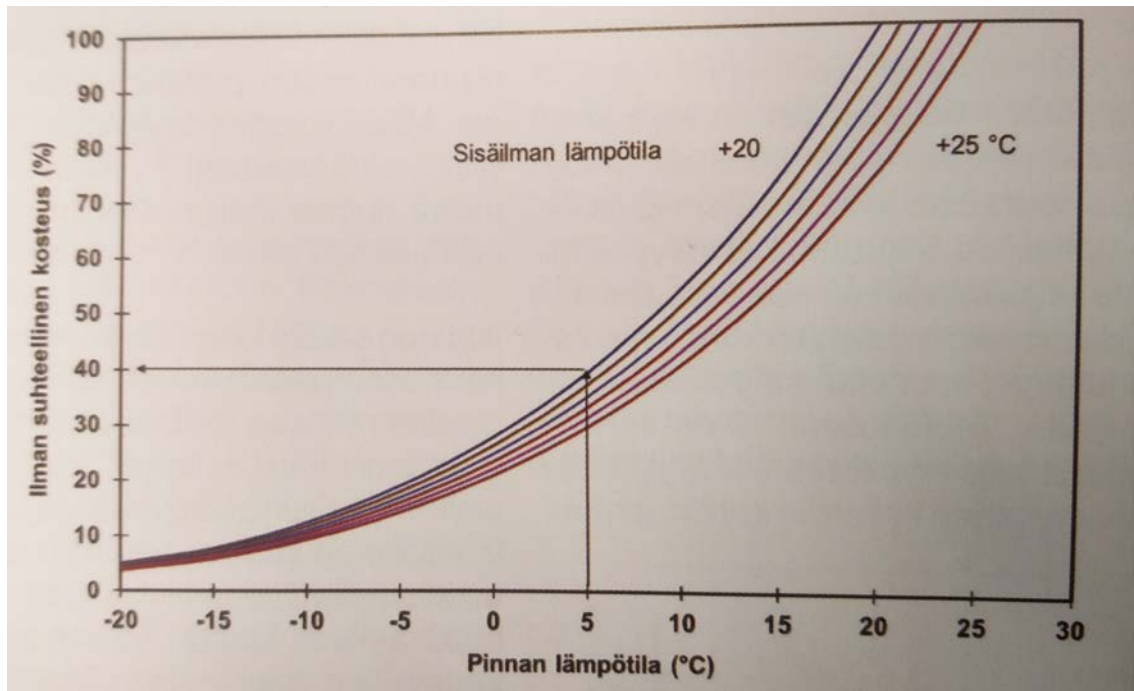
λ = aineen lämmönjohtavuus [W/Km]

Suomen rakennusmääräyskokoelma osien C3 ja C4 mukaan laskin rakenteiden eri osille niiden laskennallisen lämmönläpäisykertoimen. Tilaajan toiveiden mukaisesti rakenteet suunniteltiin täyttämään nykyiset vaatimukset lämmönläpäisyn osalta. Yläpohjan 250mm SPU-eristeellä päästiin 0,09W/m²K vaatimuksen mukaiseen arvoon. Alapohjalta vaadittu 0,17W/m²K arvo alitettiin 200mm Finnfoam eristekerroksella.

Seinien U-arvo puolittui laskennallisesti päärakennuksen hirsirunkoon verrattuna kaikissa muissa paikoissa vanhaan nähden paitsi, kantavan rungon pilarin kohdalla. Pitkän sivun ikkunoiden välinen pilarin osuus seinän pinta-alasta on niin pieni, että pilareiden kohdalle ei suunnitelmissa määrätty lisäeristettä. Ikkunoiden U-arvo oli 1,0W/m²K mikä täyttää niille asetetut vaatimukset lämmöneristysten osalta.

Talvella kosteuden tiivistyminen ikkunoihin on todennäköinen ongelma. Talvella ikkunan sisäpinnan lämpötila tippuu niin alas, että sisäilma, joka koskettaa kylmää pintaa, jäähtyy. Jos pinnan lämpötila on alle kastepistelämpötilan, tiivistyy kosteutta ikkunanpinnalle. Kosteuden tiivistymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat: rakenteen lämmönvastus, sisäpinnan lämmönvastus, sisäilman kosteuspitoisuus ja ulkoilman lämpötila.

Lattialämmityksen luovuttama lämpömäärä vaikuttaa konvektiovirtauksiin, jotka vaikuttavat ikkunoiden pintalämpötilaan ja pintavastukseen. Virtauksen pienentyessä ikkunan pintavastus pienenee, mikä johtaa ikkunan pintalämpötilan alenemiseen ja kosteuden tiivistyminen on todennäköisempää. Ilmanvaihdon toimivuus vaikuttaa sisäilman kosteuspitoisuuteen ja mitä suurempi on kosteuspitoisuus, sitä suuremmalla sisälämpötilalla voi ikkunan pintaan tiivistyä kosteutta.



KUVA 14. Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaikutus ikkunan sisäpinnan siihen lämpötilaan, jossa kosteutta alkaa tiivistyä ikkunaan (RIL 2014)

Kuvasta 14 nähdään ikkunan pinnan ja sisäilman suhteellisen kosteuden vaikutus kosteuden tiivistymiseen ikkunan pinnalle eri sisäilman tavanomaisissa lämpötiloissa. Lasketan esimerkkinä talvi, jolloin ulkona on -20 °C ja sisällä 20 °C lämmintä ja ikkunoina on rakentamiseen käytetyt kolmikerros lämpölasit ja välissä argon kaasu. Lasin sisäpinnan lämpötila lasketaan kaavalla.

$$t_{sp} = \frac{t_s * (m_i + \Delta m_k + R_{se}) + (t_u) * R_{si}}{m_i + \Delta m_k + R_{se} + R_{si}}$$

missä:

t_s = sisäilman lämpötila °C

t_u = ulkoilman lämpötila °C

m_i = lasin ilmavälin lämmönvastus

Δm_k = lasivälin lisävastus kun välissä argon kaasua

R_{se} = lasin ulkopinnan pintavastus

R_{si} = lasin sisäpinnan pintavastus

Jolloin saadaan laskettua lasin sisäpinnan lämpötila.

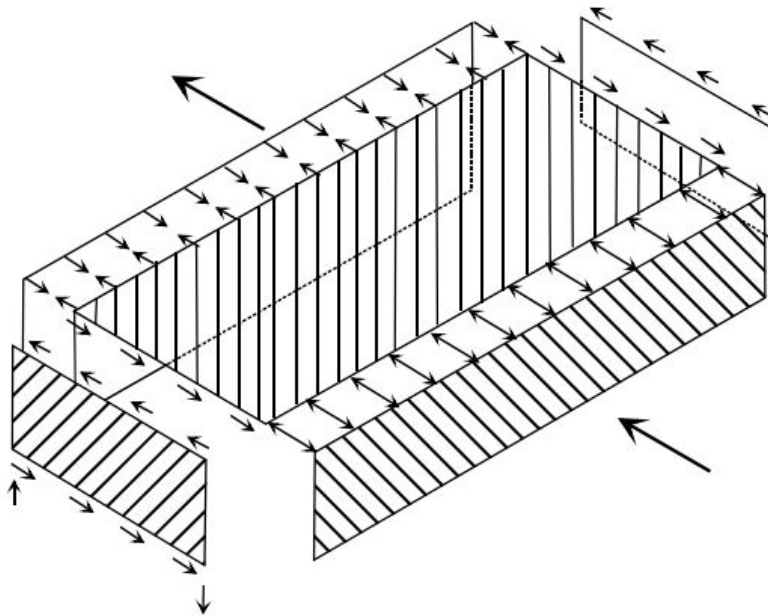
$$t_{sp} = \frac{20 * (0,13 + 0,025 + 0,04) + (-20) * 0,13}{0,13 + 0,025 + 0,04 + 0,13}$$

$$t_{sp} = 8^{\circ}\text{C}$$

Esimerkkitilanteessa talvella saatiin lasin sisäpinna lämpötilaksi 8 °C, jolloin kuvan 14 mukaan on mahdollista, että ikkunan sisäpintaan tiivistyy vettä, kun sisäilman suhteellinen kosteus on noin 50 % tai sen yli.

4.8 Jäykistys

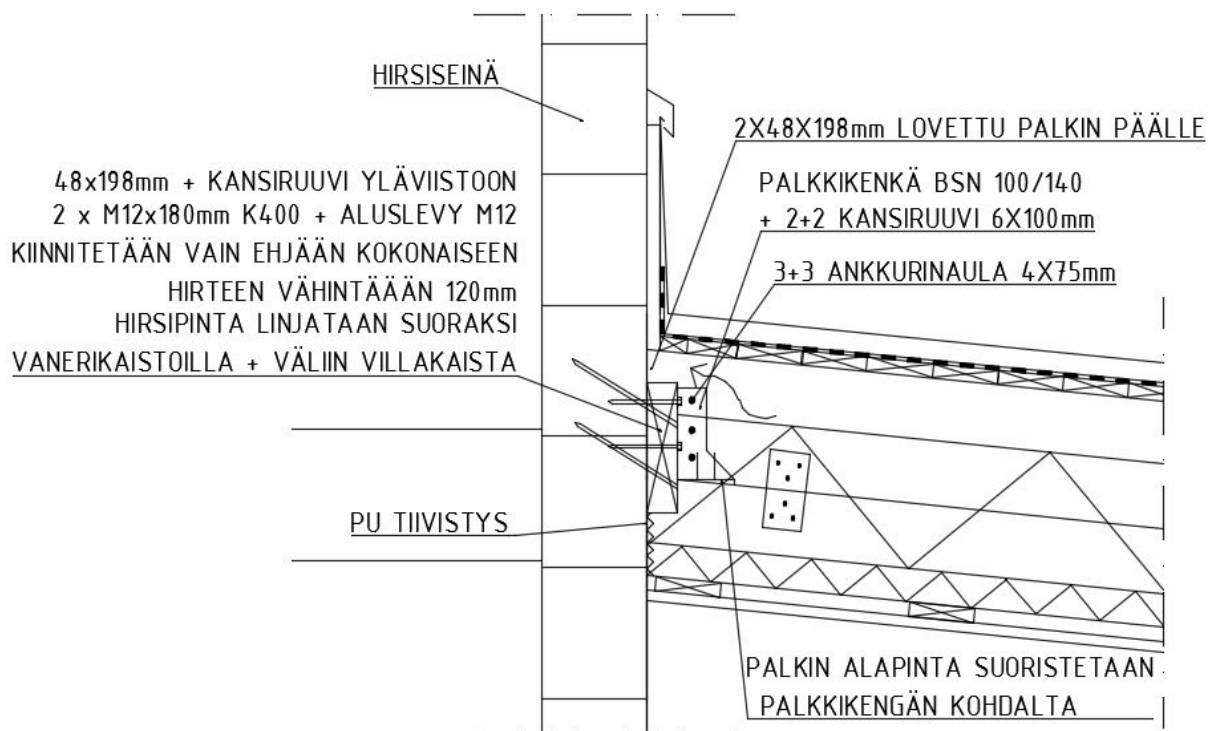
Tuulikuorma pyrkii kaatamaan rakennusta ja saa aikaan vaakavoimia ja samalla pyrkii irrottamaan rungon hirsiseinästä. Rakenteiden jäykistyksen miettiminen oli tärkeä osa laajennuksen rungon mitoituksessa.



KUVA 15. Vaakakuormien siirto perustuksille (VTT, Puurakenteiden jäykistysuunnittelun ohje)

Yläpohja jäykistyy levymäiseksi rakenteeksi konesaumakaton 1:10 kattokaltevuudella vaatiman raakaponttilaudoituksen seurauksesta, mikä on havainnollistettu kuvassa 14. Katon toiminta yhtenäisenä levynä estää katon kiertymisen tasossa. Kiertymisen estäminen tasossa lisää momentin aiheuttamaa kuormaa mikä tulee huomioida riittävänä kiinnityksenä hirteen.

Voimat, jotka pyrkivät irrottamaan laajennuksen rungon hirsirungosta on huomioitu kattorakenteen riittävällä kiinnityksellä hirsirunkoon. Toisesta päästä kattopalkit ovat kiinni jäykästi palkki/pilari – rakenteessa. Kun kiinnitys vanhaan hirsirunkoon on riittävä, saadaan runko jäykistettyä kaatumista vastaan.



KUVA 16. Yläpohjan kiinnitys hirsirunkoon

Vanhan hirsirungon hirret on tapitettu yhteen ja hirsirunko toimii yhtenäisenä levymäisenä rakenteena, jossa voimat kulkeutuvat tasaisesti alas verrattuna tavanomaiseen runkotolpalliseen rakenteeseen. Puu kuivuu ja halkeilee vanhetessaan ja muuttuu haperoksi. Uuden rungon kiinnittäminen hirteen tehdään ehjään ja terveeseen hirteen ja hirren kunto tarkastetaan ennen kiinnitystä. Kiinnitys tehdään kahdella M12x180mm kansiruuvilla k400 mikä takaa täysin varman ja jäykän kiinnityksen hirsirunkoon.

Kattovasojen kiinnitys hirsirunkoon pitää tarkistaa myös vaakavoimalle, joka syntyy jyrkältä katolta liukuvan lumen pysähtyessä loivalle katolle. Kiinnitys on laskettu esimerkiksi, jossa ylemmältä katolta, jolla rasitus on 100kg/m², luistaa 5m lapemitalta alemmalle katolle lunta metrin levyisellä kaistalla. Nopeudeksi oletetaan 2m/s. Lumen massavirta oletetaan pysähtyvän laajennuksen katolla 4m matkalla. Lumen hidastuvuus lasketaan kaavalla (6).

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (6)$$

Kiihtyvyys a ja kulunut aika ovat tuntemattomina ja hidastumiseen kulunut aika saadaan laskettua kaavalla (7).

$$t = \frac{v - v_0}{a} \quad (7)$$

Sijoitetaan ajan kaava (7), kaavaan (6), jolloin saadaan ratkaistua hidastuvuus.

$$s = v_0 \frac{v - v_0}{a} + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2$$

josta saadaan sievennettyä kaava,

$$a = \frac{v_0^2}{2s}$$

$$a = \frac{(2m/s)^2}{2 * 4m}$$

$$a = 0,5m/s^2$$

Syntyvä vaakakomponentti F lasketaan kaavalla,

$$F = ma$$

$$F = 500kg * \frac{0,5m}{s^2}$$

$$F = 250N$$

Lumen liukumisesta metrin levyiselle kaistalle syntyvä vaakakomponentti yksin on niin pieni voima, että yhden ruuvin vetokestävyys on jo moninkertainen hidastumisesta aiheutuvaan voimaan nähden. Lumen putoamisesta aiheutuva pystykomponentti on huomioitu ruuvien leikkausvoimakestävyudessa ja tämä on määräävä kiinnitysten rasituksissa.

4.9 Kustannukset

Tämän työn tekemiseen ei liittynyt kustannusarvion tekemistä. Perustusten ja alapohjan tekemiseen käytetään osaavaa rakennusmiestä ja iso osa muusta rakentamisesta tehdään itse, joten työkustannusten arviointi olisi ollut vaikeata. Rakentamisessa käytettävistä materiaaleista osa ostetaan rakennustarvikeliikkeen kautta ja osa materiaaleista on valmiina.

Kokonaishinta-arvio tehtynä kustannusarvion tekemiseen laadittujen ohjeiden ja ohjeistojen mukaan, olisi kustannusarvio ollut aivan toinen, kun rakentamiseen käytettävät todelliset resurssit. Tilaaja kilpailuttaa itse eri tavarantoimittajia materiaalihankintojen osalta.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja piirtää rakennuslupakuvat rakennuksen laajennusta varten. Jouduin etsimään tietoa ja perehtymään moniin uusiin asioihin suunnittelun eri vaiheissa. Tilaajana oli yksityinen henkilö, jonka kanssa hoidin yhteydenpidon kohdekäynnin jälkeen sähköpostitse ja puhelimitse. Työn tilaajalla oli selkeä idea siitä, miltä laajennus tulee näyttämään mikä helpotti luonnossuunnittelua. Olin suunnittelun aikana yhteydessä Ruoveden rakennusvalvontaan laajennuksen suunnittelua koskevien reunaehdojen varmistamiseksi ja oman pätevyyden riittävyyden varmistamiseksi. Toimiminen sekä pääsuunnittelijana, että rakennesuunnittelijana laittoi minut etsimään ja miettimään parhaita ratkaisuja lopputuloksen kannalta jo heti suunnittelun alkuvaiheessa. Oli hyvä joutua miettimään yksittäisiä ratkaisuja ja kokonaisuuksia jo alussa.

Laajennus suuntautuu länteen ja terassit ovat läsi-etelä suunnassa, mikä takaa hyvän valoisuuden ja parhaat suunnat laajennukselle. Kesällä aurinko pääsee paistamaan suoraan laajennusta kohti. Lämpötilan mahdollinen nouseminen päivisin liian korkeaksi herättää kysymyksen mahdollisen lisätuuletuksen järjestämisestä.

Ikkunoiden suuren pinta-alan ja nykyisten rakenteiden eristävyysvaatimusten takia ikkunoiden huurtuminen alareunasta saattaa talvisin olla ongelmana. Pelkän lattialämmityksen riittävyys pitämään ikkunat auki huurtumiselta on kysymys, mihin vastauksen saa, kun rakennus on valmis. Ikkunoiden alareunaan tiivistyvä vesi ikkunan ulommissa rakenteissa ei kuitenkaan ole ongelma suunnittelussa, vaan se on enemmän ominaisuus nykyisillä energiamääräyksillä varsinkin korjausrakentamisessa missä muut olosuhteet eivät muutu samalla. Mahdollisesti kahden erillisen, eri tehoisen lattialämmityksen asentaminen voisi ratkaista asian. Kylmällä säällä käytettäisiin tehokkaampaa lämmitystä ja lauhemmalla kelillä pienempi tehoista.

Yhteistyö tilaajan kanssa sujui vaivattomasti. Työn tilaajalla ei ennestään ollut kokemusta rakentamisesta, mikä lisäsi omaa vastuutani suunnittelussa ja eri ratkaisuisa. Työn tilaaja oli itse aktiivisesti mukana kertomassa toiveista ja ottamassa kantaa omiin suunnittelussa esiintyneisiin kysymyksiin. Toimitin kuvat työn tilaajalle maaliskuun lopussa. Tilaaja jatkaa itse tästä eteenpäin hakemalla rakennusluvat ja mahdollisten kysymyksien tullessa esiin on yhteydessä minuun.

Rakentamisen aikana mahdollisten urakoitsijan esittämien vaihtoehtoisten toteutustapojen pohdinta jatkuu vielä tämän työn palauttamisen jälkeen. Orsivasojen rakentaminen kertopuusta oli huomattavasti yksinkertaisempi ratkaisu toteuttaa, kuin suunnittelemani sahatavarasta tehty rakenne.

Rakentaminen aloitetaan heti, kun myönteinen lupapäätös on saatu. Suunnittelijana tulen käymään katsomassa rakentamista ja valmista laajennusta. Suunnitteluprojektin vieminen alusta loppuun oli opettavainen kokemus ja antoi hyvän pohjan hypätä työelämään painimaan samojen asioiden parissa.

LÄHTEET

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132

Puuinfo Oy, 2011. Eurokoodi 5, Puurakenteiden suunnittelu, lyhennetty suunnitteluohje, kolmas painos.

RT 15-10635 Esitystapaohjeet, Rakennuspiirustukset. 1997. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 15-10641 Mitoituksen esittäminen, Rakennuspiirustukset. 1997. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT- 15-10849 Muutos- ja korjausrakentamisen piirustukset. 2005. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT- 15-11124 Piirustuslehti, Rakennuspiirustukset. 2013. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014. RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1 Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. Asuntosuunnittelu. Määräykset 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. Asuntosuunnittelu. Ohjeet 2003. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

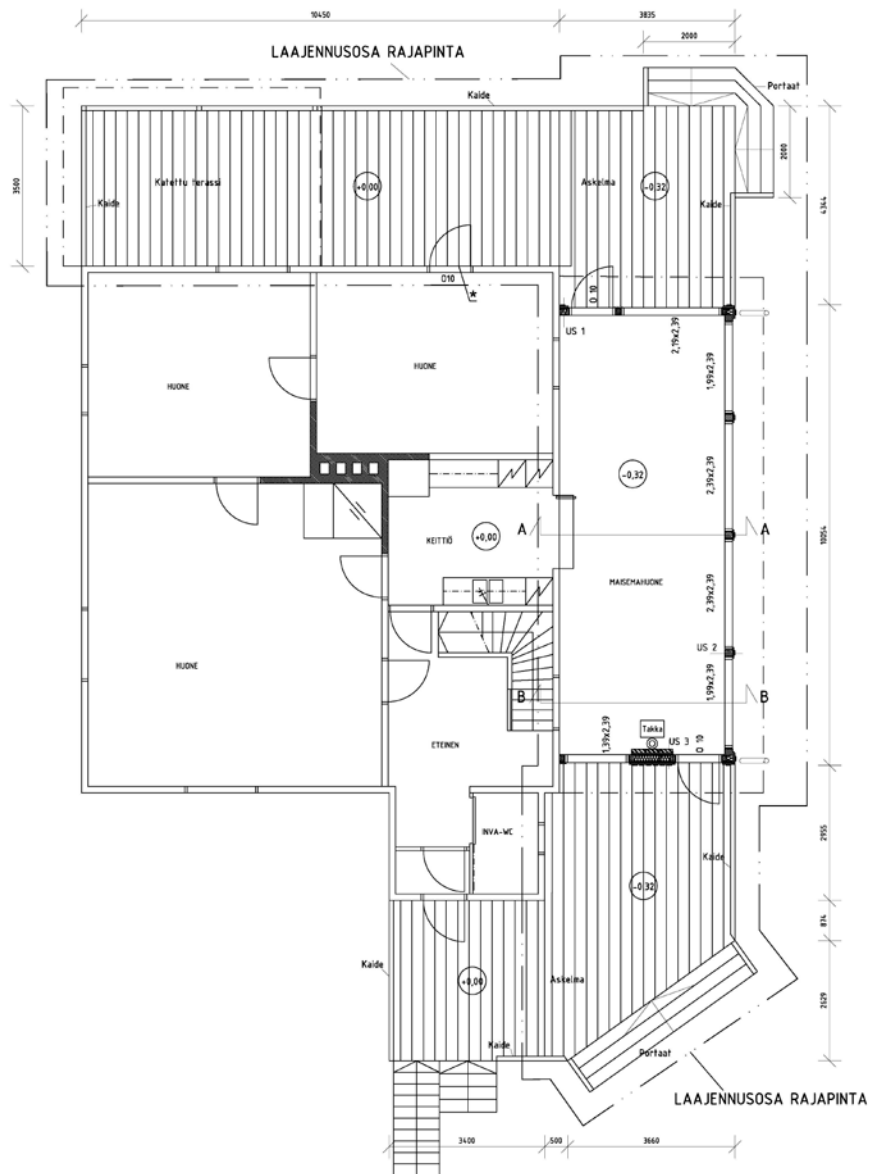
Suomen rakentamismääräyskokoelma F1. Esteetön rakennus. Määräykset ja ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma F2. Rakennuksen käyttöturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2001. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma G1. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Vuolle-Apiala, R. 2010. Hirsityöt. Vantaa: Moreeni.

Liite 2. Pohjapiirros



US 1 OVIPIELI

22MM-22MM LOMALAUDITUS
22X100MM KOKLAUS + TUULETUSRAKO
25MM RUNKOLEIJONA
48X123MM RUNKOTOLPPA
120MM SPU (TOMI HÖYRYNSULKUNA)
13MM KIPSILEVY

US 2 PITKÄN SIVUN TOLPAN KOHTA

160MM IKKUNAN OTSALAUDITUS
LIHAPUU

US 3 SEINÄKE

22MM-22MM LOMALAUDITUS
22X100MM KOKLAUS + TUULETUSRAKO
25MM RUNKOLEIJONA
48X123MM RUNKOTOLPPA
120MM SPU (TOMI HÖYRYNSULKUNA)
30MM PALOVILLA
85MM TUULETUSRAKO
TILI

IKKUNAT JA OVET

$U = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
IKKUNAT 3-KERROS LÄMPÖLASEJA, $U = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
LASIT OVAT TURVALASEJA (6+4+6mm)
IKKUNAN TALON ETELÄSEINÄLLÄ HUUTETAAN OYDESI (+)
VALGAIKKO YHTÄSUURI KUIN IKKUNASSA
AUKKOJEN SUURENNUKSEN YHTEYDESSÄ KARAPUUT ON
PIDENNETTÄÄN

U-ARVOT

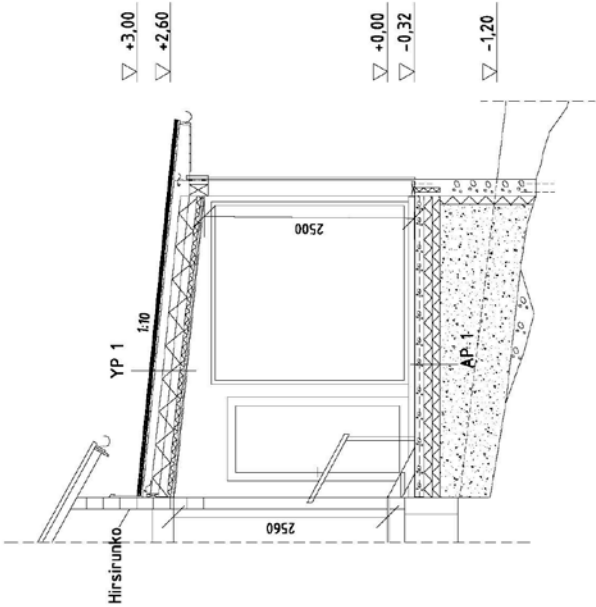
VANHA SEINÄRAKENNE 160MM KESKIPAKSUUDELLA
 $U = 0,57 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

US 1 OVIPIELI $U = 0,26 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
US 2 PILARIN KOHTA $U = 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
US 3 SEINÄKE $U = 0,18 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
YP 1 $U = 0,09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
AP 1 $U = 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

PERUSTUKSET, KANTAVAT RAKENTEET JA ROUTASUOJAUS
RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN

Liite 3. Leikkauspiirrokset

LEIKKAUS A-A



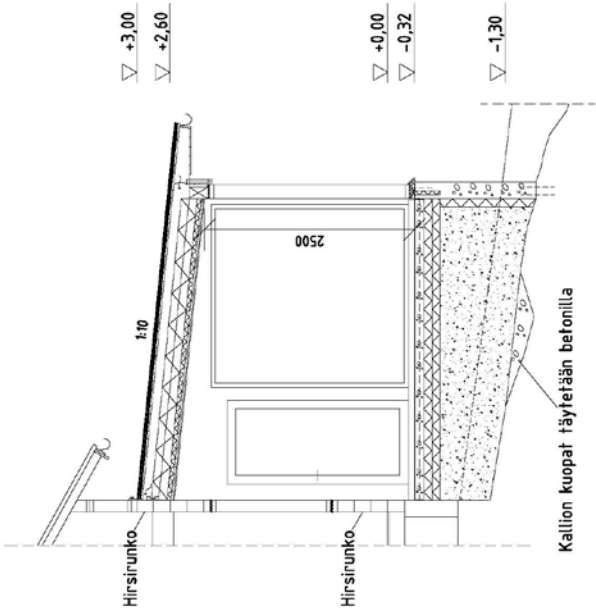
AP 1

- LATTIALAATTA
TASOITE
TERÄSBETONILAATTA VERKKO T8 K200
+ VESIKIERTOINEN LATTIALÄMMITYS
FINNFOAM
KAPILAARIKATKO
TIIVISTETTY SORATÄYTTÖ KALLIONPINNASTA,
MIN RAEKOKO 1MM
KALLIO, KUOPAT TÄYTETTY BETONILLA

- 100mm
200mm

KORKEUSJÄRJESTELMÄ OLEMASSA OLEVAN RAKENNUKSEN MUKAAN

LEIKKAUS B-B

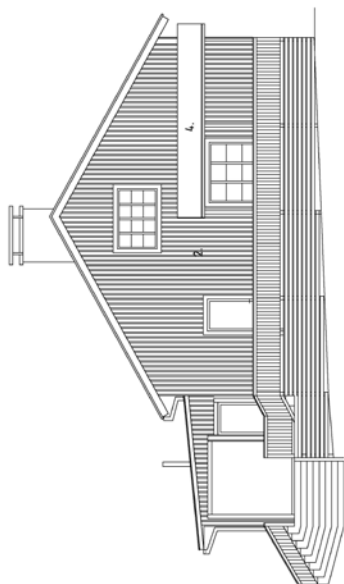


YP 1

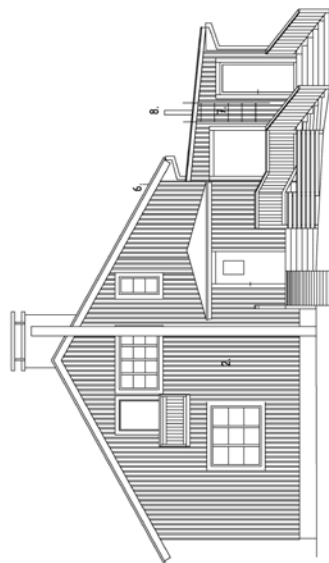
- KONESAUMAKATE
ALUSKATE (AKK-LUOKKA)
UMPILAUDOITUS
TUULETUSRAKO
PALKIT K400 NAULATTU YHTEEN (VÄLIIN
VILLAKAISTA)
PALKKI KIINNITETTY NAULAUSELEVYLLÄ
JA KULMARAUDDOILLA
YHTEENNAUTATTUHIIN PALKKEIHIN
SPU AL PALKKIEN VALISSÄ
SPU AL
KOOLAUS K400
PANELOINTI

- 23X100MM
100MM
2X48X198MM C-24
48X98MM
200MM
50MM
22X100MM

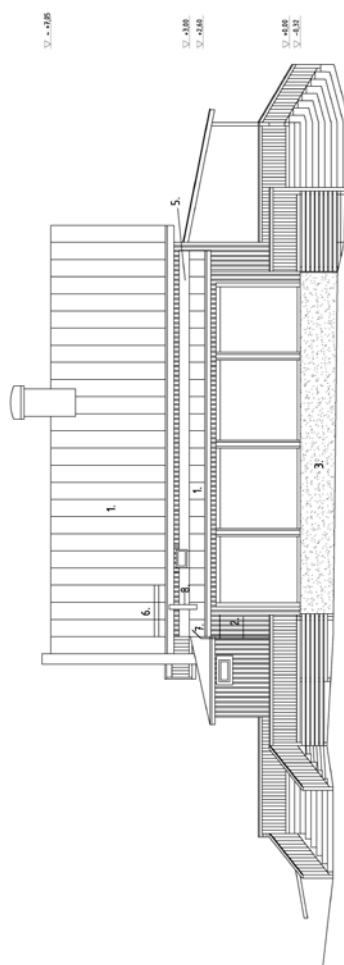
Liite 4. Julkisivupiiirros



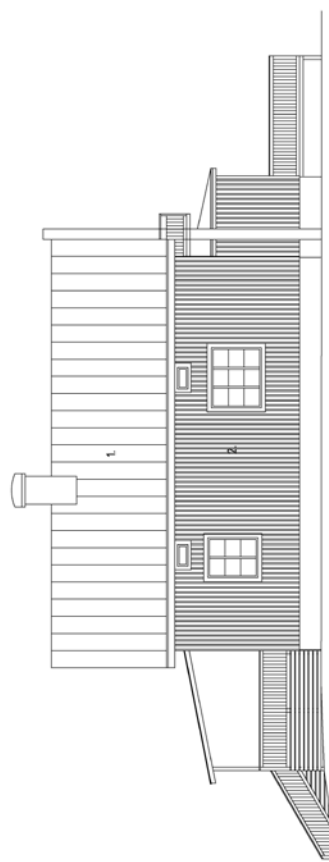
JULKISIVU ETELÄ



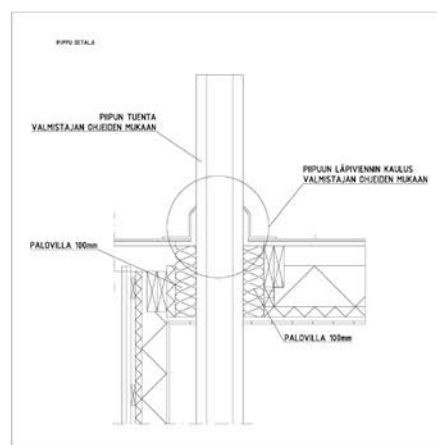
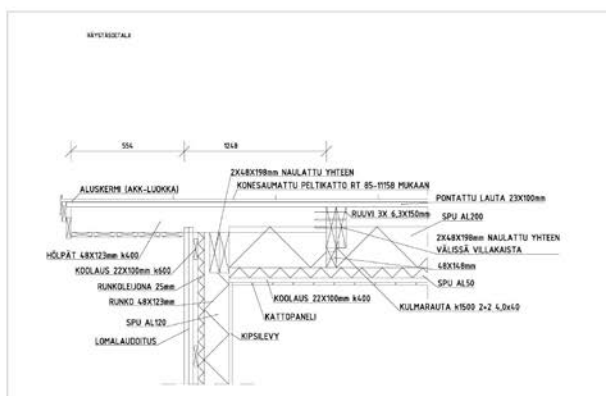
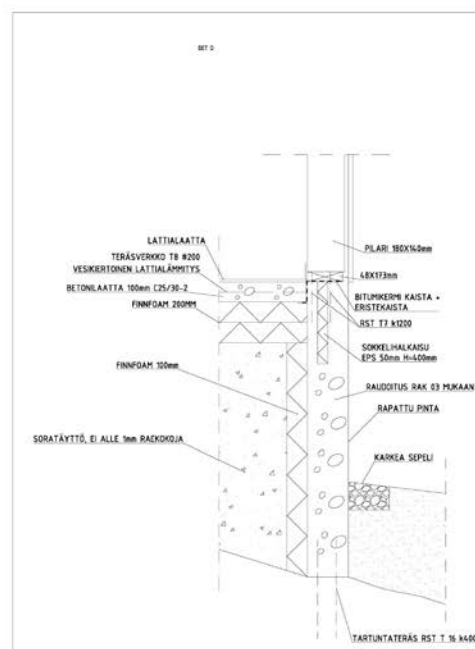
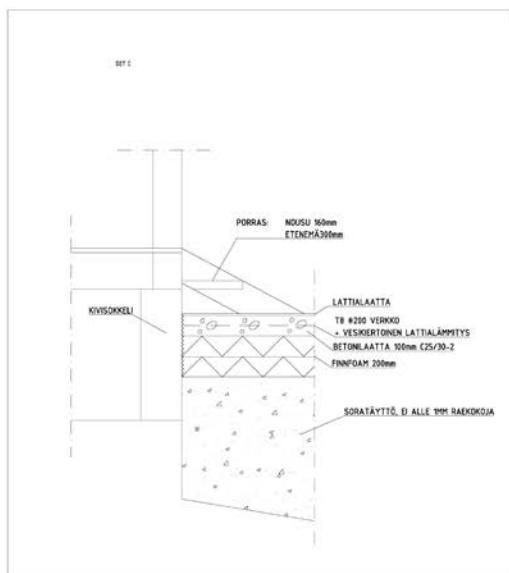
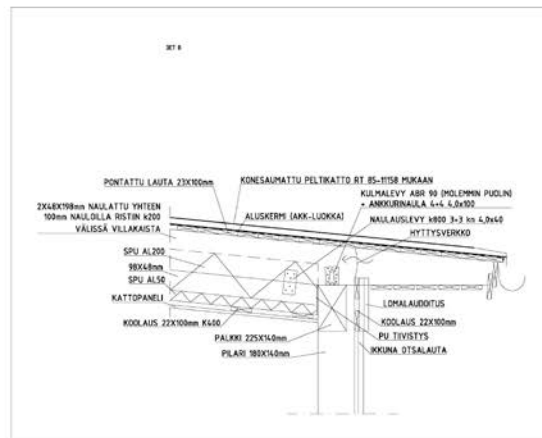
JULKISIVU POHJOINEN



JULKISIVU LÄNSI



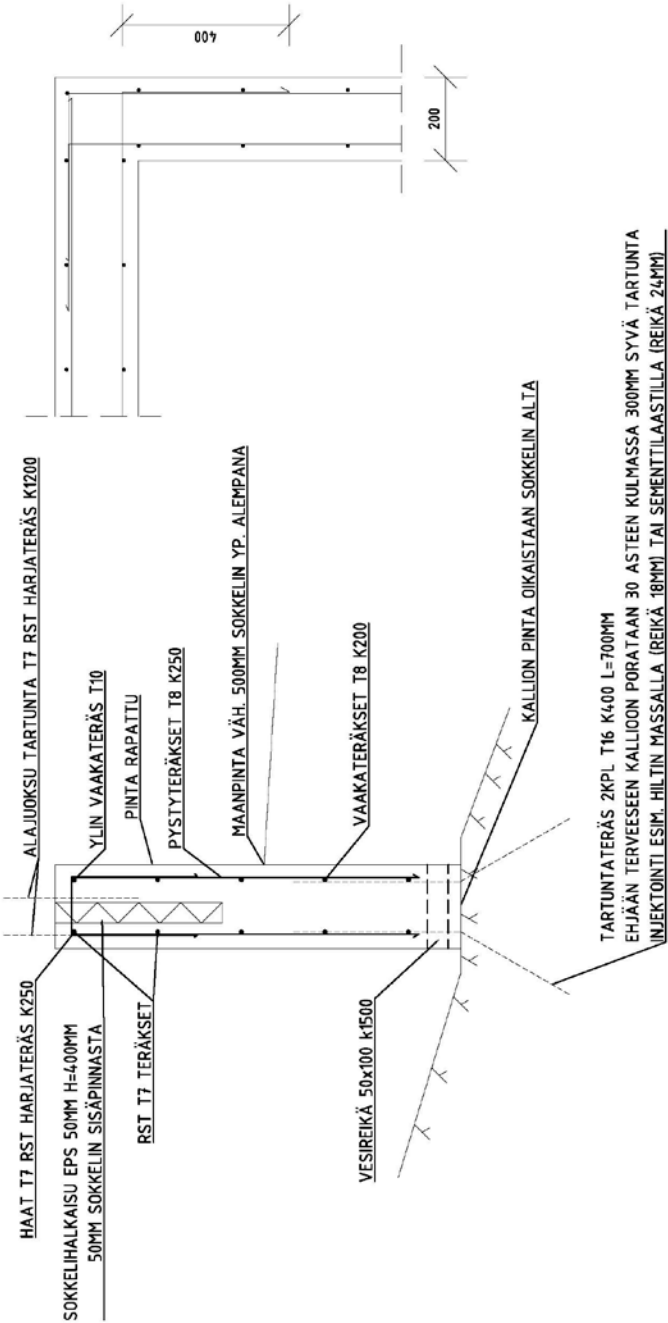
JULKISIVU ITÄ



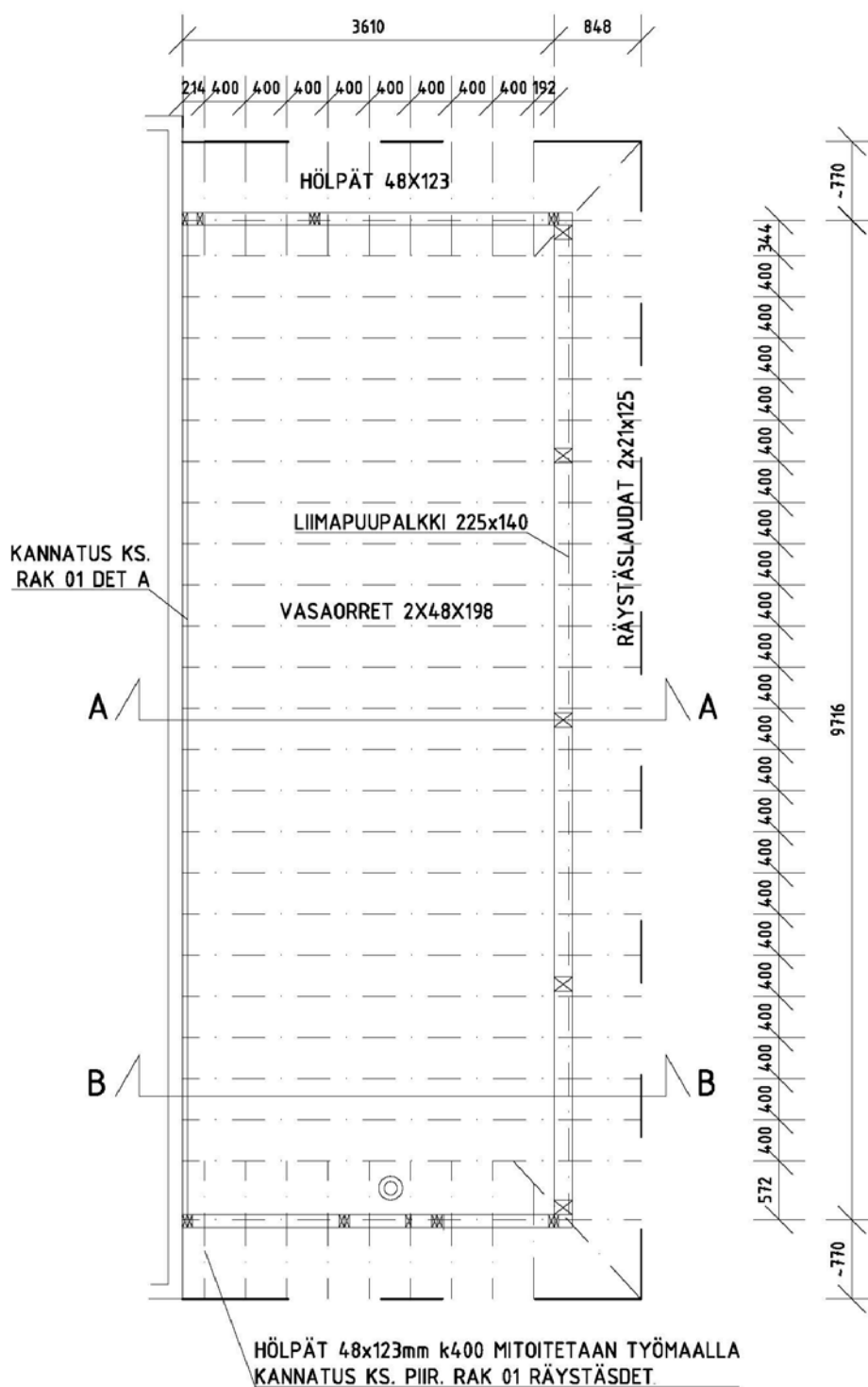
Liite 6. Sokkelipiirros

SOKKELIPERUSTUS

BETONI C25/30-2
TERÄKSET A500HW JA RST B600KX
RAUDOITUKSEN SUOJABETONIEÄISYYS 30MM
TERÄSTEN LIMITYSPITUUS 400MM
PYSTYTERÄSTEN PITUUDET KATKOTTAVA TYÖMAALLA TARVITTAVAN SOKKELIN KORKEUDEN MUKAAN



Liite7. Vesikkattoplaani



Liite 8. Puupalkki laskenta

1 (4)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

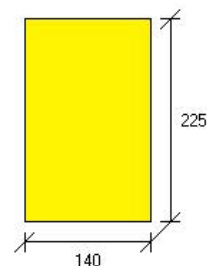
Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilauksmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi:	Vapaa rakenne
Materiaali:	GL30c
Poikkileikkaus:	140x225
(B=140 mm, H=225 mm, A=31500 mm ² , I _y =132890625 mm ⁴ , W _y =1181250 mm ³)	
Käyttöluokka:	2
Seuraamusluokka:	CC2 (KFI=1.0)
Jako/kuormituslev.:	3000 mm (pintakuomille)

Uloke-/jänneväli

Uloke/jänneväli:	Vaakamitta [mm]:
Jänneväli 1	2250.0
Jänneväli 2	2600.0
Jänneväli 3	2600.0
Jänneväli 4	2250.0
Yhteensä:	9700.0



Tuki:	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	0	140	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	2250	140	Liukutuki (Z)
3:	4850	140	Liukutuki (Z)
4:	7450	140	Liukutuki (Z)
5:	9700	140	Liukutuki (Z)

f _{m,k} (M _y):	33.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	25.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	3.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	22.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	3.50 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	3.50 N/mm ²
E _{mean} :	13000 N/mm ²
G _{mean} :	650 N/mm ²
E 0.05:	10800 N/mm ²
G 0.05:	540 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.20
Aikaluokka:	k _{mod} :
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskpitkä:	0.800

2 (4)

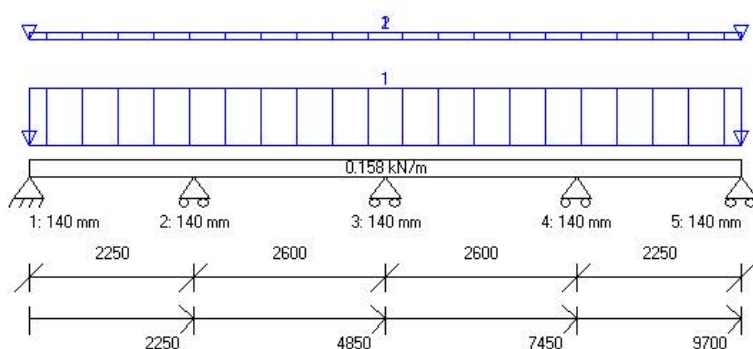
Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100
kdef:	0.800

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: QZ = 0.158 kN/m x = 0 - 9700 mm

Pintakuorma: 1: QZ = 0.600 kN/m² x = 0 - 9700 mmPintakuorma: 2: QZ = 0.300 kN/m² x = 0 - 9700 mmLumikuorma (Lumikuorma Sk < 2.75 kN/m², Keskipitkä):

viivakuorma: 1: QZ = 16.000 kN/m x = 0 - 9700 mm

MITOITUS:

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009

Kokonaiskäyttöaste: 88.1 %

MITOITUSPARAMETRIT:Taipumaraja V_{inst}: L/400Taipumaraja V_{net,fin}: L/300

Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)
 Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):
 Kiepahdustukiväli rakenteen yläpuolella: $Lk1 = 300.00$ mm
 Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: $Lk2 =$ Päätukien välimatka
 $Lef1 = Lk1$ ja $Lef2 = Lk2$ (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)
 HUOM! $Lk1$:ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja $Lk2$:ta, kun $M_y < 0$
 Värähtelymitoitusta ei ole tehty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %):	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	37.98 kN	49.00 kN	77.5 %	2250 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	16.39 kNm	25.99 kNm	63.1 %	2250 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	16.39 kNm	25.99 kNm	63.1 %	2250 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipaine, tuki 1:	23.41 kN	71.40 kN	32.8 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.82					
Tukipaine, tuki 2:	74.04 kN	84.00 kN	88.1 %	2250 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.14					
Tukipaine, tuki 3:	69.77 kN	84.00 kN	83.1 %	4850 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.14					
Tukipaine, tuki 4:	74.04 kN	84.00 kN	88.1 %	7450 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.14					
Tukipaine, tuki 5:	23.41 kN	71.40 kN	32.8 %	9700 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.82					
jänneväli 1, W_{inst} :	24 mm	5.6 mm	42.1 %	970 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 1, $W_{net,fin}$:	3.0 mm	7.5 mm	39.7 %	970 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, W_{inst} :	22 mm	6.5 mm	33.4 %	3638 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 2, $W_{net,fin}$:	2.7 mm	8.7 mm	31.5 %	3638 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 3, W_{inst} :	22 mm	6.5 mm	33.4 %	6062 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 3, $W_{net,fin}$:	2.7 mm	8.7 mm	31.5 %	6062 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 4, W_{inst} :	24 mm	5.6 mm	42.1 %	8730 mm	Yhdistelmä 16/1
jänneväli 4, $W_{net,fin}$:	3.0 mm	7.5 mm	39.7 %	8730 mm	Yhdistelmä 16/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 16/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimiarvo:	Sijainti x:
$V_{z,max}$	37.98 kN	2250 mm
$M_{y,max}$	16.39 kNm	2250 mm

TUKIREAKTIOT:

4 (4)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

Tuki:	MRTmax:	MRTmin:	KRTmax:	KRTmin:
1:	23.41 kN	2.82 kN	16.18 kN	2.45 kN
2:	74.04 kN	8.92 kN	51.17 kN	7.75 kN
3:	69.77 kN	8.40 kN	48.22 kN	7.31 kN
4:	74.04 kN	8.92 kN	51.17 kN	7.75 kN
5:	23.41 kN	2.82 kN	16.18 kN	2.45 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus:	Omapaino
Tuki:	FZ [kN]:
1:	2.45
2:	7.75
3:	7.31
4:	7.75
5:	2.45

Kuormitustapaus:	Lumikuorma
Tuki:	FZ [kN]:
1:	13.73
2:	43.41
3:	40.91
4:	43.41
5:	13.73

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pilari, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdystä laskelmasta ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

Liite 9. Puupilari laskenta

1 (3)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

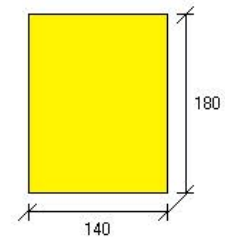
?

5.5.2016

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilauksessa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi:	Pilari
Materiaali:	GL30c
Poikkileikkaus:	140x180
(B=140 mm, H=180 mm, A=25200 mm ² , I _y =68040000 mm ⁴ , W _y =756000 mm ³)	
Käyttöluokka:	2
Seuraamusluokka:	CC2 (KFI=1.0)
Kulma:	90.0 astetta
Jako/kuormituslev.:	2500 mm (pintakuomille)



Uloke-/jänneväli pituudet:

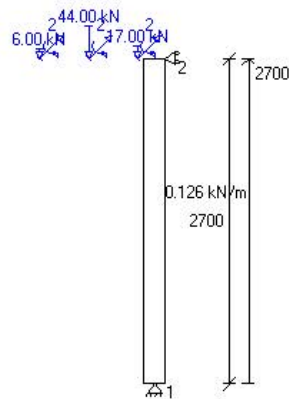
Uloke/jänneväli:	Pystymitta [mm]:
Jänneväli 1	2700.0
Yhteensä:	2700.0

Tuki:	Sijainti x [mm]:	Tyyppi:
1:	0	Kiinteä niveltuki (X,Z)
2:	2700	Liukutuki (Y)

f _{m,k} (M _y):	33.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	30.00 N/mm ²
f _{c,0,k} :	25.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	3.00 N/mm ²
f _{t,0,k} :	22.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	3.50 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	3.50 N/mm ²
E _{mean} :	13000 N/mm ²
G _{mean} :	650 N/mm ²
E 0.05:	10800 N/mm ²
G 0.05:	540 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuuskur:	1.20
Aikaluokka:	k _{mod} :
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskpitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

k _{def} :	0.800
--------------------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 6.00 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.240 kNm	x = 2700.0 mm
Rakenneosan paino:	QZ = 0.126 kN/m	x = 0 - 2700 mm

Lumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):

Pistekuorma: 1:	FZ = 44.00 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -1.760 kNm	x = 2700.0 mm

Tuulikuorma (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pistekuorma: 1:	FZ = 17.00 kN	x = 2700.0 mm
Pistekuorma: 2:	My = -0.680 kNm	x = 2700.0 mm

MITOITUS:

Mitoitusstandardi:	EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009
Kokonaiskäyttöaste:	36.9 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Taipumaraja $V_{net,fin}$:	L/300
Korotuskerroin, vasen uloke:	2.00
Korotuskerroin, oikea uloke:	2.00

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

Nurjahdus z-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Nurjahdus y-suuntaan: $L_c = 1.00 \cdot L$
 Kiepahdus on estetty

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	1.08 kN	39.20 kN	2.8 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Puristus:	73.29 kN	314.61 kN	23.3 %	0 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus (My):	2.92 kNm	16.63 kNm	17.5 %	2700 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
Taivutus+puristus:	0.37	1.00	36.9 %	2700 mm	Yhdistelmä 5/1, Keskipitkä
(My=2.92 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=72.90 kN)					
jänneväli 1, Winst:	-1.1 mm	- mm	0.0 %	1552 mm	Yhdistelmä 12/1
jänneväli 1, Wnet,fin:	-1.4 mm	9.0 mm	15.4 %	1552 mm	Yhdistelmä 12/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 5/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 12/1 :

1.00*Omapaino + 0.70*Lumikuorma + 1.00*Tuulikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
Nx,max	88.59 kN	0 mm
Vz,max	1.31 kN	0 mm
My,max	3.53 kNm	2700 mm

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusaikaisia kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusaikaiset lisätuennat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakenneseosan (palkki, pili, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.

Finnwood-ohjelmistolla tehdyt laskelmat ja tulosteet ovat voimassa vain ohjelmistoon tallennettujen Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Nämä tuotteet on tarvittaessa osoitettava rakennuspaikalla hankkeen osapuolille sekä viranomaisille. Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood tai sen tytäryhtiöt eivät vastaa käyttäjälle tai kolmannelle osapuolelle muiden valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä Finnwood-ohjelmistossa, ohjelmiston perusteella näin tehdyistä laskelmista ja tulosteista tai kolmansien valmistajien tuotteista tai niiden käytöstä aiheutuneista virheistä, menetyksistä tai vahingoista. Näitä ehtoja ei saa poistaa tulosteesta.

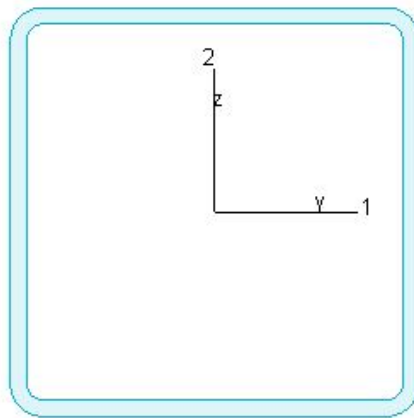
Liite 10. Teräspalkki laskenta

1 (2)

B.1.1**Maximum of load combinations****S 355**

E	=	210000	N/mm ²
G	=	80769	N/mm ²
$\gamma_{M0,ult}$	=	1.00	
$\gamma_{M1,ult}$	=	1.00	
$\gamma_{M2,ult}$	=	1.25	

$\gamma_{M0,acc./seis}$	=	1.00
$\gamma_{M1,acc./seis}$	=	1.00
$\gamma_{M2,acc./seis}$	=	1.00

KKR 100x100x4

A	=	1495	mm ²	f_y	=	355	N/mm ²
I_y	=	2.264e+06	mm ⁴	ε	=	0.81	
I_z	=	2.264e+06	mm ⁴	λ_1	=	76.40	
I_1	=	2.264e+06	mm ⁴				
I_2	=	2.264e+06	mm ⁴				
$W_{pl,y}$	=	5.330e+04	mm ³				
$W_{pl,z}$	=	5.330e+04	mm ³				
$W_{el,min,y}$	=	4.527e+04	mm ³				
$W_{el,min,z}$	=	4.527e+04	mm ³				
i_1	=	39	mm				
i_2	=	39	mm				
I_t	=	3.629e+06	mm ⁴				
I_w	=	2.758e+06	mm ⁶				

Shear resistance, z-z - Part 1-1:6.2.6, 6.2.8

LC: KY1, x = 2200 mm

Class_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Me} = 1;

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_z \cdot f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{768 \cdot 355}{1.73 \cdot 1.00} = 157.41 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{t_{t,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}\right) V_{z,pl,Rd} = \left(1 - \frac{4.87}{(355/1.73)/1.00}\right) \cdot 157.41 = 153.67 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = \frac{41.10}{153.67} = 0.27 \leq 1.0 \quad (6.25) - \text{OK}$$

Normal capacity - Part 1-1:6.2

LC: KY1, x = 2200 mm

Class_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Me} = 1;

$$V_{y,Ed} \leq 0.5 V_{y,pl,T,Rd} \rightarrow \rho_y = 0.0$$

$$V_{z,Ed} \leq 0.5 V_{z,pl,T,Rd} \rightarrow \rho_z = 0.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{1.52}{530.65} + \frac{17.48}{18.92} + \frac{0.52}{18.92} = 0.95 \leq 1.0 \quad (6.2) - \text{OK}$$

2 (2)

Lateral torsional buckling, y-y - Part 1-1:6.3.2.4LC: KY1, $x = 4800$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1; $\chi_y = 1.00$ is considered for hollow section.

$$M_{y,c,Rd} = W_{y,pl} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 53299 \cdot \frac{355}{1.00} = 18.92 \text{ kNm}$$

$$M_{y,b,Rd} = \min(k_{fl} \chi_y M_{y,c,Rd} M_{y,c,Rd}) = \min(1.10 \cdot 1.00 \cdot 18.92, 18.92) = 18.92 \text{ kNm} \quad (6.60)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} = \frac{17.58}{18.92} = 0.93 \leq 1.0 \quad (6.54) - \text{OK}$$

Interaction between normal force and bending 1. - Part 1-1:6.3.3LC: KY1, $x = 7400$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\alpha_{my} = -0.55 \quad \psi_{my} = 0.14 \quad C_{my} = 0.54$$

$$\alpha_{mz} = 0.47 \quad \psi_{mz} = -0.32 \quad C_{mz} = 0.47$$

$$\alpha_{mLT} = -0.55 \quad \psi_{mLT} = 0.14 \quad C_{mLT} = 0.54$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 355 \cdot 53299 = 18.92 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^{comp}}{N_{b,Rd,1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{1.52}{371.34} + 0.54 \frac{17.48}{18.92} + 0.28 \frac{0.52}{\frac{18.92}{1.00}} = 0.51 \leq 1.0 \quad (6.61) - \text{OK}$$

Interaction between normal force and bending 2. - Part 1-1:6.3.3LC: KY1, $x = 7400$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\alpha_{my} = -0.55 \quad \psi_{my} = 0.14 \quad C_{my} = 0.54$$

$$\alpha_{mz} = 0.47 \quad \psi_{mz} = -0.32 \quad C_{mz} = 0.47$$

$$\alpha_{mLT} = -0.55 \quad \psi_{mLT} = 0.14 \quad C_{mLT} = 0.54$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 355 \cdot 53299 = 18.92 \text{ kNm}$$

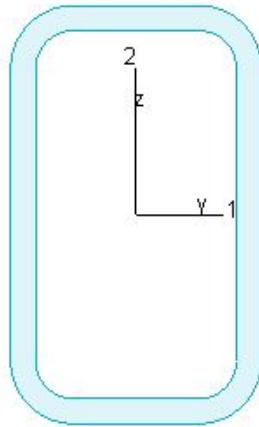
$$\frac{N_{Ed}^{comp}}{N_{b,Rd,2}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{1.52}{371.34} + 0.33 \frac{17.48}{18.92} + 0.47 \frac{0.52}{\frac{18.92}{1.00}} = 0.32 \leq 1.0 \quad (6.62) - \text{OK}$$

Liite 11. Teräspilari laskenta

1 (4)

C.3.1**Maximum of load combinations****S 355**

E	=	210000	N/mm ²		
G	=	80769	N/mm ²		
$\gamma_{M0,ult}$	=	1.00		$\gamma_{M0,acc./seis}$	= 1.00
$\gamma_{M1,ult}$	=	1.00		$\gamma_{M1,acc./seis}$	= 1.00
$\gamma_{M2,ult}$	=	1.25		$\gamma_{M2,acc./seis}$	= 1.00

KKR 100x60x6

A	=	1652	mm ²	f_y	=	355	N/mm ²
I_y	=	1.975e+06	mm ⁴	ε	=	0.81	
I_z	=	8.841e+05	mm ⁴	λ_1	=	76.40	
I_1	=	1.975e+06	mm ⁴				
I_2	=	8.841e+05	mm ⁴				
$W_{pl,y}$	=	5.098e+04	mm ³				
$W_{pl,z}$	=	3.569e+04	mm ³				
$W_{el,min,y}$	=	3.950e+04	mm ³				
$W_{el,min,z}$	=	2.947e+04	mm ³				
i_1	=	35	mm				
i_2	=	23	mm				
I_t	=	2.160e+06	mm ⁴				
I_w	=	6.928e+07	mm ⁶				

Shear resistance, z-z - Part 1-1:6.2.6, 6.2.8

LC: KY3, x = 0 mm

Class_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$V_{z,pl,Rd} = \frac{A_z \cdot v_f}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{1128 \cdot 355}{1.73 \cdot 1.00} = 231.19 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{z,pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{I_{t,Ed}}{(f_y/\sqrt{3})/\gamma_{M0}}\right) V_{z,pl,Rd} = \left(1 - \frac{0.00}{(355/1.73)/1.00}\right) \cdot 231.19 = 231.19 \text{ kN} \quad (6.28)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,T,Rd}} = \frac{12.60}{231.19} = 0.05 \leq 1.0 \quad (6.25) - \text{OK}$$

Normal capacity - Part 1-1:6.2

LC: KY3, x = 0 mm

Class_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$V_{y,Ed} \leq 0.5 V_{y,pl,T,Rd} \rightarrow \rho_y = 0.0$$

$$V_{z,Ed} \leq 0.5 V_{z,pl,T,Rd} \rightarrow \rho_z = 0.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{57.64}{586.60} + \frac{14.56}{18.10} + \frac{0.00}{12.67} = 0.90 \leq 1.0 \quad (6.2) - \text{OK}$$

Flexural buckling, 1-1 - Part 1-1:6.3.1LC: KY1, $x = 1440$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{L_{cr,1}}{i_1 \lambda_1} = \frac{2400}{35 \cdot 76.40} = 0.91 \quad (6.50)$$

 $\alpha_1 = 0.49$ (Buckling curve: c)

$$\varphi_1 = 0.5 \left[1 + \alpha_1 (\bar{\lambda}_1 - 0.2) + \bar{\lambda}_1^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 (0.91 - 0.2) + 0.91^2 \right] = 1.09$$

$$\chi_1 = \min \left(\frac{1}{\varphi_1 + \sqrt{\varphi_1^2 - \bar{\lambda}_1^2}}, 1.0 \right) = \min \left(\frac{1}{1.09 + \sqrt{1.09^2 - 0.91^2}}, 1.0 \right) = 0.59 \quad (6.49)$$

$$N_{b,Rd,1} = \frac{\chi_1 A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.59 \cdot 1652 \cdot 355}{1.00} = 348.75 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,1}} = \frac{81.05}{348.75} = 0.23 \leq 1.0 \quad (6.46) - \text{OK}$$

Flexural buckling, 2-2 - Part 1-1:6.3.1LC: KY1, $x = 1440$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{L_{cr,2}}{i_2 \lambda_1} = \frac{2400}{23 \cdot 76.40} = 1.36 \quad (6.50)$$

 $\alpha_2 = 0.49$ (Buckling curve: c)

$$\varphi_2 = 0.5 \left[1 + \alpha_2 (\bar{\lambda}_2 - 0.2) + \bar{\lambda}_2^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 (1.36 - 0.2) + 1.36^2 \right] = 1.71$$

$$\chi_2 = \min \left(\frac{1}{\varphi_2 + \sqrt{\varphi_2^2 - \bar{\lambda}_2^2}}, 1.0 \right) = \min \left(\frac{1}{1.71 + \sqrt{1.71^2 - 1.36^2}}, 1.0 \right) = 0.37 \quad (6.49)$$

$$N_{b,Rd,2} = \frac{\chi_2 A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.37 \cdot 1652 \cdot 355}{1.00} = 214.22 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,2}} = \frac{81.05}{214.22} = 0.38 \leq 1.0 \quad (6.46) - \text{OK}$$

3 (4)

Torsional-flexural buckling - Part 1-1:6.3.1LC: KY1, $x = 1440$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$i_0^2 = i_1^2 + i_2^2 + y_0^2 + z_0^2 = 35^2 + 23^2 + 0^2 + 0^2 = 1730 \text{ mm}^2$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(G I_t + \frac{\pi^2 E I_w}{l_T^2} \right) = \frac{1}{1730} \left(80769 \cdot 2.160 \text{e}+06 + \frac{\pi^2 210000 \cdot 6.928 \text{e}+07}{2.40^2} \right) = 100845.57 \text{ kN}$$

$$i_0^2 (N - N_{b,Rd,1}) (N - N_{b,Rd,2}) (N - N_{cr,T}) - N^2 y_0^2 (N - N_{b,Rd,2}) - N^2 z_0^2 (N - N_{b,Rd,1}) = 0$$

Smallest root of the above equation: $N_{cr,TF} = 100845.57$ kN

$$N_{cr} = \min(N_{cr,T}, N_{cr,TF}) = \min(100845.57, 100845.57) = 100845.57 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \lambda_1}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1652 \cdot 76.40}{100845.57}} = 0.08 \quad (6.53)$$

$$\alpha_T = 0.49 \quad (\text{Buckling curve: c})$$

$$\varphi_T = 0.5 \left[1 + \alpha_T (\bar{\lambda}_T - 0.2) + \bar{\lambda}_T^2 \right] = 0.5 \left[1 + 0.49 (0.08 - 0.2) + 0.08^2 \right] = 0.47$$

$$\chi_T = \min \left(\frac{1}{\varphi_T + \sqrt{\varphi_T^2 - \bar{\lambda}_T^2}}, 1.0 \right) = \min \left(\frac{1}{0.47 + \sqrt{0.47^2 - 0.08^2}}, 1.0 \right) = 1.00 \quad (6.49)$$

$$N_{b,Rd,T} = \frac{\chi_T A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.00 \cdot 1652 \cdot 355}{1.00} = 586.60 \text{ kN} \quad (6.47)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,T}} = \frac{81.05}{586.60} = 0.14 \leq 1.0 \quad (6.46) - \text{OK}$$

Lateral torsional buckling, y-y - Part 1-1:6.3.2.4LC: KY3, $x = 0$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1; $\chi_y = 1.00$ is considered for hollow section.

$$M_{y,c,Rd} = W_{y,c} \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 50982 \cdot \frac{355}{1.00} = 18.10 \text{ kNm}$$

$$M_{y,b,Rd} = \min(k_{fl} \chi_y M_{y,c,Rd} \quad M_{y,c,Rd}) = \min(1.10 \cdot 1.00 \cdot 18.10, 18.10) = 18.10 \text{ kNm} \quad (6.60)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} = \frac{14.56}{18.10} = 0.80 \leq 1.0 \quad (6.54) - \text{OK}$$

Interaction between normal force and bending 1. - Part 1-1:6.3.3LC: KY3, $x = 0$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\alpha_{my} = 0.34 \quad \psi_{my} = -0.04 \quad C_{my} = 0.47$$

$$\alpha_{mz} = 0.00 \quad \psi_{mz} = 0.00 \quad C_{mz} = 0.60$$

$$\alpha_{mLT} = 0.34 \quad \psi_{mLT} = -0.04 \quad C_{mLT} = 0.47$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 355 \cdot 35694 = 12.67 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^{comp}}{N_{b,Rd,1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} =$$

$$\frac{57.64}{348.75} + 0.52 \frac{14.56}{18.10} + 0.44 \frac{0.00}{\frac{12.67}{1.00}} = 0.59 \leq 1.0 \quad (6.61) - \text{OK}$$

4 (4)

Interaction between normal force and bending 2. - Part 1-1:6.3.3LC: KY1, $x = 0$ mmClass_N = 1; Class_{My} = 1; Class_{Mz} = 1;

$$\alpha_{my} = 0.34 \quad \psi_{my} = -0.04 \quad C_{my} = 0.47$$

$$\alpha_{mz} = 0.00 \quad \psi_{mz} = 0.00 \quad C_{mz} = 0.60$$

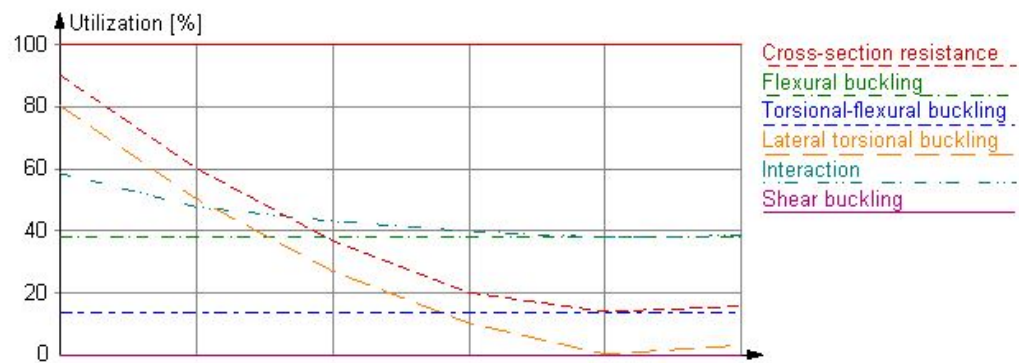
$$\alpha_{mLT} = 0.34 \quad \psi_{mLT} = -0.04 \quad C_{mLT} = 0.47$$

$$M_{z,Rk} = f_y W_{pl,z} = 355 \cdot 35694 = 12.67 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^{comp}}{N_{b,Rd,2}} + k_{2y} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,b,Rd}} + k_{2z} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = \frac{81.05}{214.22} + 0.33 \frac{8.74}{18.10} + 0.78 \frac{0.00}{12.67} = 0.54 \leq 1.0 \quad (6.62) \text{ - OK}$$

Interaction between normal force and bending, 2nd order - Part 1-1:6.3.3

Not relevant

Summary

Liite 12. Kattovasa laskenta

1 (3)

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

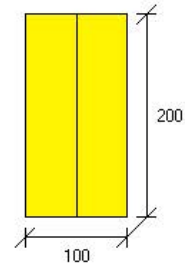
?

5.5.2016

Laskelmat on tehty alla olevilla lähtötiedoilla vain kyseiselle rakenneosalle. Laskelmissa esitetty rakenneosan pituus ei ole tilausmitta. Tilauksmitassa on otettava huomioon esim. tuennan vaatima lisäpituus.

RAKENNETIEDOT:

Rakennetyyppi:	Kattopalkkilaatta
Materiaali:	C24
Poikkileikkaus:	2x50x200
(B=100 mm, H=200 mm, A=20000 mm ² , I _y =6666667 mm ⁴ , W _y =666667 mm ³)	
Käyttöluokka:	2
Seuraamusluokka:	CC2 (KFI=1.0)
Kulma:	6.0 astetta
Jako/kuormituslev:	400 mm (pintakuormille)



Uloke-/jännevälipituudet:

Uloke/jänneväli:	Vaakamitta [mm]:	Pystymitta [mm]:	Aksiaalinen [mm]:
Vasen uloke	700.0	73.6	703.9
Jänneväli 1	4200.0	441.4	4223.1
Yhteensä:	4900.0	515.0	4927.0

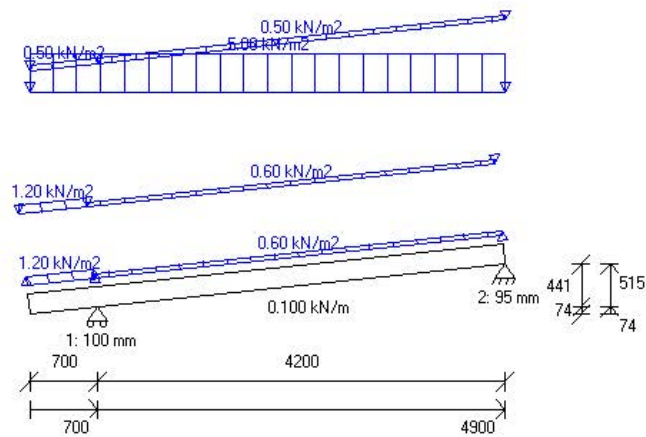
Tuki:

	Sijainti x [mm]:	Leveys [mm]:	Tyyppi:
1:	704	100	Liukutuki (Z)
2:	4927	95	Kiinteä niveltuki (X,Z)

f _{m,k} (M _y):	24.00 N/mm ²
f _{m,k} (M _z):	26.03 N/mm ²
f _{c,0,k} :	21.00 N/mm ²
f _{c,90,k} :	2.50 N/mm ²
f _{t,0,k} :	14.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _z):	4.00 N/mm ²
f _{v,k} (V _y):	4.00 N/mm ²
E _{mean} :	11000 N/mm ²
G _{mean} :	690 N/mm ²
E 0.05:	7400 N/mm ²
G 0.05:	460 N/mm ²
Tilavuuspaino:	5.00 kN/m ³ (omapainon laskentaa varten)

Osavarmuusluku:	1.40
Aikaluokka:	kmod:
Pysyvä:	0.600
Pitkäaikainen:	0.700
Keskipitkä:	0.800
Lyhytaikainen:	0.900
Hetkellinen:	1.100

kdef:	0.800
-------	-------

**KUORMITUSTIEDOT:**

Omapaino (Omapaino, Pysyvä):

Rakenneosan paino: $Q_Z = 0.100 \text{ kN/m}$ $x = 0 - 4927 \text{ mm}$ Pintakuorma: 1: $Q_Z = 0.500 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 704 \text{ mm}$ Pintakuorma: 2: $Q_Z = 0.500 \text{ kN/m}^2$ $x = 704 - 4927 \text{ mm}$ Lumikuorma (Lumikuorma $S_k < 2.75 \text{ kN/m}^2$, Keskipitkä):Pintakuorma: 1: $Q_Z = 5.000 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 4927 \text{ mm}$

Tuulikuorma (alas) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: $Q_Z = 1.200 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 704 \text{ mm}$ Pintakuorma: 2: $Q_Z = 0.600 \text{ kN/m}^2$ $x = 704 - 4927 \text{ mm}$

Tuulikuorma (ylös) (Tuulikuorma, Hetkellinen):

Pintakuorma: 1: $Q_Z = -1.200 \text{ kN/m}^2$ $x = 0 - 704 \text{ mm}$ Pintakuorma: 2: $Q_Z = -0.600 \text{ kN/m}^2$ $x = 704 - 4927 \text{ mm}$ **MITOITUS:**

Mitoitusstandardi: EN 1995-1-1:2004 + A1:2008 + RIL 205-1:2009

Kokonaiskäyttöaste: 76.3 %

MITOITUSPARAMETRIT:

Finnwood 2.3 SR1 (2.4.017)

© Copyright 2012 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

?

5.5.2016

Taipumaraja $W_{het,fin}$: L/200
 Korotuskerroin, vasen uloke: 2.00
 Korotuskerroin, oikea uloke: 2.00
 Nurjahdus on estetty molempiin suuntiin (y ja z)
 Kiepahdus taivutuksesta M_y (y-askelin suhteen):
 Rakenne on täysin sivuttaistuettu yläpuolelta
 Kiepahdustukiväli rakenteen alapuolella: L_{k2} = Päätukien välimatka
 L_{ef1} = L_{k1} ja L_{ef2} = L_{k2} (Esim. kuormitus neutraaliakselilla/kiepahdustukien kautta)
 HUOM! L_{k1} :ta käytetään, kun $M_y > 0$ ja L_{k2} :ta, kun $M_y < 0$

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu:	Mitoitusarvo:	Raja-arvo:	Käyttöaste %:	Sijainti x:	
Leikkaus (z):	7.18 kN	30.48 kN	23.6 %	704 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Veto:	0.71 kN	160.00 kN	0.4 %	4927 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Puristus:	0.76 kN	240.00 kN	0.3 %	704 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus (M_y):	6.97 kNm	9.14 kNm	76.3 %	2833 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
(ilman kiepahdusta):	6.97 kNm	9.14 kNm	76.3 %	2833 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Taivutus+veto:	0.76	1.00	76.2 %	2866 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
($M_y=6.96$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=0.03$ kN)					
Taivutus+puristus:	0.76	1.00	76.3 %	2833 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
($M_y=6.97$ kNm, $M_z=0.00$ kNm, $N_x=0.01$ kN)					
Tukipaine, tuki 1:	9.51 kN	28.57 kN	33.3 %	704 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 2.00					
Tukipaine, tuki 2:	6.80 kN	22.32 kN	30.4 %	4927 mm	Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä
Tukipainekerroin = 1.64					
Vasen uloke, W_{inst} :	-5.9 mm	-mm	0.0 %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
Vasen uloke, $W_{het,fin}$:	-7.4 mm	-mm	0.0 %	0 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, W_{inst} :	12.4 mm	-mm	0.0 %	2833 mm	Yhdistelmä 13/1
jänneväli 1, $W_{het,fin}$:	15.5 mm	21.1 mm	73.3 %	2833 mm	Yhdistelmä 13/1

ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15*Omapaino + 1.50*Lumikuorma

Yhdistelmä 13/1 :

1.00*Omapaino + 1.00*Lumikuorma

VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos:	Maksimi-arvo:	Sijainti x:
$N_{x,max}$	0.84 kN	704 mm
$V_{z,max}$	7.67 kN	704 mm
$M_{y,max}$	7.40 kNm	2833 mm

Laskelmissa ei ole huomioitu rakennusmateriaalien kuormia eikä kosteusolosuhteita. Mahdolliset rakennusmateriaalilähtökannat on mitoitettava erikseen. Rakennuksen kokonaisjäykistystä ja siitä johtuvia vaakavoimia ei ole huomioitu. Rakennuksen (palkki, pila, laatta) soveltuvuus kokonaisuuteen on päärakennesuunnittelijan tarkistettava erikseen.